UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE DER PHILOSOPHIE DES MITTELALTERS.

TEXTE UND UNTERSUCHUNGEN.

IN VERBINDUNG MIT

DR. GEORG FREIH. VON HERTLING,
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN,

UND

DR. MATTHIAS BAUMGARTNER,
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BRESLAU,

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. CLEMENS BAEUMKER,
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT STRASSBURG.

BAND X. HEFT 5.

DR. HANS BAUER: DIE PSYCHOLOGIE ALHAZENS AUF GRUND VON ALHAZENS OPTIK.

MÜNSTER i. W. 1911.

ASCHENDORFFSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG.

Arab
3972
Yb

DIE

PSYCHOLOGIE ALHAZENS

AUF GRUND VON ALHAZENS OPTIK

DARGESTELLT

VON

DR. HANS BAUER.

186677.
17.1.24.

MÜNSTER i. W. 1911.
ASCHENDORFFSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG.

Germany

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

DRUCK DER ASCHENDORFFSCHEN BUCHDRUCKEREI.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung 1
1. Leben und Schriften Alhazens 1
2. Alhazen als Mathematiker und Physiker 6
a) Alhazens Mathematik 6
b) Alhazens Physik 7
II. Alhazens Psychologie 11
1. Anatomie des Auges 11
a) Die Bestandteile des Auges 11
b) Gestalt des Auges und seiner Teile 15
c) Teleologie des Auges und seiner Teile 19
2. Physiologie des Sehens 22
a) Lichtwahrnehmung 22
b) Formen 27
c) Nativismus 29
d) Binokulares Sehen 31
e) Deutliches Sehen 32
f) Koordination der Augenbewegung 34
g) Bedingungen für die optische Wahrnehmung 34
3. Psychologie der Sinneswahrnehmung 39
A) Eigentliche Gesichtsempfindungen 40
a) Licht 40
b) Dunkeladaption 42
c) Farbe 43
d) Wahrnehmungszeit 44
e) Erkenntniszeit 45
f) Farbenmischung 46
g) Kontrastwirkung 46
B) Das *ultimum sentiens* 47
a) Der innere Sinn 49
b) Sitz des *ultimum sentiens* 53
C) Raumanschauung 53
a) Körperlichkeit (corporeïtas) 55
b) Lage (situs) 56
c) Entfernung (remotio) 57
d) Größe (magnitudo) 59
e) Bewegung und Ruhe 60
D) Erkennen und Wiedererkennen 61
a) Allgemeinvorstellungen 62
b) Lesen 66
E) Sinnestäuschungen 67
F) Das Schöne und das Häßliche 69
III. Schluß 71
Würdigung Alhazens 71

Literaturverzeichnis.

Baarmann J., Abhandlung über das Licht von Ibn al Haiṭam. [Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft, Bd. XXXVI.] Leipzig 1882.

Baeumker Cl., Des Aristotelcs Lehre von den äußern und innern Sinnesvermögen. Paderborn (Leipzig) 1877.

— — Witelo, ein Philosoph und Naturforscher des XIII. Jahrhunderts. Münster 1908.

Baldi B., Vite di matematici arabi, con note di M. Steinschneider. [Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncompagni. T. V.] Roma 1872.

Bode P., Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe in ihrer historischen Entwicklung nebst einer analytischen Lösung des verallgemeinerten Problems. [Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. 1891—92.] Frankfurt a. M. 1893.

Brockelmann G., Geschichte der arabischen Literatur. I. Weimar 1898.

Cantor M., Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. I. 2. Aufl. Leipzig 1894.

Dannemann F., Grundriß der Geschichte der Naturwissenschaft. Leipzig 1898.

Darmstädter L. und du Bois-Reymond R., 4000 Jahre Pionier-Arbeit in den exakten Wissenschaften. Berlin 1898.

Diels H., Gorgias und Empedokles. [Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1884. 1.] Berlin 1884.

— — Die Fragmente der Vorsokratiker. 2. Aufl. Berlin 1906 ff.

Diercks G., Die Araber im Mittelalter und ihr Einfluß auf die Kultur Europas. Leipzig 1882.

Elsässer W., Die Funktion des Auges bei Leonardo da Vinci. [Historisch-literarische Abteilung der Zeitschrift für Mathematik und Physik. 45. Bd.] Leipzig 1900.

Güdemann M., Das jüdische Unterrichtswesen während der spanisch-arabischen Periode. Wien 1873.

Günther S., Geschichte der Naturwissenschaft. Leipzig 1909.

Hirschberg J., Geschichte der Augenheilkunde im Mittelalter und in der Neuzeit. [Graefe-Saemisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Bd. XIII. 2. Aufl.] Leipzig 1908.

Humboldt A. v., Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Tübingen 1845.

Kaestner A. G., Geschichte der Mathematik. Göttingen 1796.

Leclerc L., Histoire de la médecine arabe. Exposé complet des traductions du Grec. Les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines. Paris 1876.

Mandonnet P., Siger de Brabant et l'averroïsme latin au XIIIe siècle. 1. partie. 2e éd. Louvain 1911.

Marie M., Histoire des sciences mathématiques et physiques. Paris 1883.

Merkel Fr. u. Kallius E., Makroskopische Anatomie des Auges. [Graefe-Saemisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde. 2. Aufl. Bd. I.] Leipzig 1910.

Montucla J. F., Histoire des mathématiques. Paris 1758.

Narducci E., Intorno ad una traduzione italiana fatta nel secolo decimo quarto, del trattato d' ottica d' Alhazen, matematico del secolo undecimo, e ad altri lavori di questo scienziato. [Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncampagni. T. IV.] Roma 1871.

Netoliczka E., Bilder aus der Geschichte der Physik. Wien 1891.

Poggendorff J. C., Geschichte der Physik. Leipzig 1879.

Priestley J., Geschichte und gegenwärtiger Stand der Optik, vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Teil dieser Wissenschaft. Leipzig 1775.

Risner F., Alhazen filii Alhayzen opticae libri septem. Basel 1572.

— — Alhazen filii Alhayzen de crepusculis et nubium ascensionibus liber unus. Basel 1572.

— — Vitellonis filii Thuringorum et Polonorum opticae libri decem. Basel 1572.

Scheibel J. E., Einleitung zur mathematischen Bücherkenntnis. Breslau 1781

Schnaase L., Alhazen, ein Beitrag zur Geschichte der Physik. [Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Neue Folge, 7. Bd., 3. Hft.] Danzig 1888.

— — Die Optik Alhazens. Stargard 1889.

Sédillot L. Am., Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux. Paris 1845—1849.

— — Lettre de M. L. Am. Sédillot a D. B. Boncompagni au sujet d'une notice de M. Th. Henri Martin. [Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncompagni T. V.] Roma 1872.

Siebeck H., Zur Geschichte der Scholastik. 7. Alhazen. [Archiv der Geschichte der Philosophie II.] Berlin 1889.

Steinschneider M., Notice sur un ouvrage astronomique inédit d'ibn Haitham. [Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncompagni. T. XIV.] Roma 1881.

— — Die hebräischen Übersetzer des Mittelalters. Berlin 1893.

Suter H., Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. Leipzig 1900.

Vogl S., Die Physik Roger Bacons. Erlangen 1906.

Wiedemann E., Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft bei den Arabern. [Poggendorffs Annalen für Physik und Chemie, Bd. 159.] Leipzig 1876.
— — Sull' ottica degli arabi, traduzione dal tedesco del Dr Alfonso Sparagua. [Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncompagni T. XIV.] Roma 1881.
— — Bemerkung zu dem Aufsatz von Hrn. Dr. J. Baarmann: Abhandlung über das Licht von Ibn al Haitam. [Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft, Bd. XXXVIII.] Leipzig 1884.
— — Über die Naturwissenschaft bei den Arabern. Hamburg 1890.
— — Zur Geschichte der Brennspiegel. [Annalen für Physik und Chemie; Neue Folge. Bd. XXXIX.] Leipzig 1890.
— — Zur Geschichte der Lehre vom Sehen. [Annalen für Physik und Chemie; Neue Folge. Bd. XXXIX.] Leipzig 1890.
— — Über eine Schrift von Ibn al Haitam „Über die Beschaffenheit der Schatten". [Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft. XIII, in: Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen.] Erlangen 1906.
— — Ibn al Haitam, ein arabischer Gelehrter. [Festschrift, J. Rosenthal zur Vollendung seines siebzigsten Lebensjahres gewidmet.] Leipzig 1906.
— — Eine philosophische Studie von Ibn al Haitam über den Ort.
— — Ein von Ibn al Haitam gelöstes Zahlentheorem.
— — Über eine Berichtigung von Ibn al Haitam zu einem Satze von Benû Mûsâ.
— — Über das Messen von Ibn al Haitam.
[Die letzten vier Arbeiten als: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften XVII, in: Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen.] Erlangen 1910.
Wilde E., Geschichte der Optik, vom Ursprung dieser Wissenschaft bis zur gegenwärtigen Zeit. Berlin 1838.
Woepke F., L'algèbre d'Omar Alkhayyâmî. Paris 1851.
Wüstenfeld F., Geschichte der arabischen Ärzte und Naturforscher. Göttingen 1840.
— — Die Übersetzungen arabischer Werke in das Lateinische seit dem XI. Jahrhundert. Göttingen 1877.
Zeller E., Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung. I. 5. Aufl. Leipzig 1892.

I. Einleitung.

1. Leben und Schriften Alhazens.

Wiederholt wurde darauf aufmerksam gemacht, welch' bedeutende Rolle der arabische Philosoph und Naturforscher Abû 'Ali al Hasan ibn al Hasan ibn Alhaitam für das Mittelalter gehabt hat. Dem arabischen und dem lateinischen Mittelalter war der Forscher unter dem Namen Alhazen[1] bekannt. Geboren wurde er im Jahre 965 zu Basra. In seinem Mannesalter beschäftigte er sich hauptsächlich mit mathematischen Problemen. Jedenfalls ist er der Verfasser einer in einer Vatikanischen Handschrift vorhandenen Abhandlung über die Quadratur des Kreises[2]. Sein mathematisches Wissen stellte er gern und mit Eifer in den Dienst der Praxis; so kam es, daß er in seiner Heimat berühmt war durch seine Kenntnisse in angewandter Mathematik. Weit über die engen Grenzen seiner Vaterstadt drang sein Ruf. So war es erklärlich, daß ihn in seinem späteren Mannesalter der Khalif Al Hakim (regierte 996—1021) nach Ägypten rief, damit er dort eine Nilregulierung vornehme. Der Regent wünschte die Lage seines Landes, welches unter dem mehrmaligen Ausbleiben der Überschwemmung gelitten hatte, zu bessern. Alhazen suchte zu diesem Zwecke das Wasser des Flusses

[1] Da lange Zeit hindurch nur die lateinischen Übertragungen von Risner zu Gebote standen, mußte es unentschieden bleiben, ob Hasen, Haysen die Transkriptionen für die Namen Hasan, Haitam oder Al Khazim waren. Diesen Zweifel hat E. Wiedemann behoben. (E. Wiedemann, *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft bei den Arabern* [Poggendorffs *Annalen der Physik und Chemie*, Bd. 159, Leipzig 1876, S. 656—658].)

[2] Dieses Werk ist leider bis jetzt noch nicht bearbeitet, trotzdem es, wie Cantor voraussetzt, manches Interessante bieten wird (M. Cantor, *Gesch. d. Math.*[2] I, 744).

durch ein großes Stauwehr zurückzuhalten [1], um dann, wenn der gewaltige Stauweiher die nötige Höhe erreicht hatte, eine gleichmäßige Bewässerung des Landes eintreten zu lassen. So ist schon ums Jahr 1000 ein Plan ins Auge gefaßt, der erst in der Jetztzeit seine Verwirklichung erfahren sollte, wo englische Ingenieure durch mehrere Staumauern, deren letzte bei der im ersten Katarakt gelegenen Insel Philä sich befindet, eine Regulierung des Stromes zu erreichen suchen. Alhazen mußte sich indessen bald von der Unmöglichkeit der Ausführung überzeugen. Er fiel beim Khalifen in Ungnade und entging seinem Schicksal nur dadurch, daß er sich närrisch stellte. Bis zum Tode des Herrschers hielt er sich in der Moschee Al Azhar verborgen [2]. Die letzten Lebensjahre verbrachte Alhazen in Kairo, wo er im Jahre 1038 starb [3].

Die Zahl von Alhazens Schriften war, wie u. a. aus den Angaben von Ibn Abu Oseibia zu ersehen ist, eine sehr große. Es wird uns von etwa zweihundert Werken berichtet. Dieselben behandelten teils medizinische, teils mathematische, physikalische und astronomische Fragen. Erhalten ist uns von jener großen Schriftenmasse indessen nur ein Teil; gedruckt noch weniger. — Jene Werke waren teils Bearbeitungen griechischer Autoren in Kommentaren und Paraphrasen oder Auszügen, teils selbständige Werke Alhazens.

Das Medizinische bildet den geringeren Teil; nur etwa ein Sechstel der Werke behandelt Fragen aus dem Gebiete der

---

[1] Die Idee, den Nil durch ein Stauwehr abzudämmen, dürfte nicht unvermittelt bei Alhazen entstanden sein; denn in der Nähe seiner Heimatstadt Basra befanden sich große Stauwerke, die ihm bekannt sein mußten. (E. Wiedemann, *Ibn al Haitam, ein arab. Gelehrter.)*

[2] Eine wichtige Arbeit über das Leben und die Werke Ibn al Haitams hat E. Wiedemann *(Ibn al Haitam, ein arab. Gel.)* veröffentlicht. Diese ist eine Übersetzung der Biographie Alhazens, die uns Ibn Abu Oseibia mitteilt.

[3] F. Risner verlegt das Leben des Mannes an das Ende des elften Jahrhunderts, ein Irrtum, der sich noch in einigen Werken über die Geschichte der Physik wiederfindet; z. B. bei L. Darmstaedter und R. du Bois-Reymond (*4000 Jahre Pionierarbeit in den exakten Wissenschaften*, Berlin 1904), welche die Entwicklung der exakten Wissenschaften und der Technik in Form einer Tabelle geben. Ebenso ist dieser Irrtum übergegangen in die noch zu erwähnenden Werke von Wilde und Netoliczka.

Heilkunde. Ein Originalwerk ist nicht darunter, sondern nur Auszüge aus den Werken des berühmten Mediziners Galen. Solcher Art ist z. B. der *Liber de dispositione artis medicae,* eine Zusammenstellung von Gedanken aus den Büchern Galens [1].

Auch von den mathematischen, physikalischen und astronomischen Schriften bietet eine große Zahl nur Bearbeitungen von Werken des Aristoteles, Euklid, Ptolemäus, Apollonius, Archimedes, Diophantus, Porphyrius. Von selbständigen Schriften dieser Art sind uns erhalten:

1. Eine astronomische Schrift über den Bau des Weltgebäudes. Dieses Werk findet sich im arabischen Original in einer Handschrift des *India Office* zu London. Der Traktat wurde auf Befehl des Königs Alfons durch die gemeinschaftliche Arbeit eines jüdischen Gelehrten Abraham [2] und eines unbekannten christlichen Gelehrten unter dem Titel *„De mundo et caelo"* ins Lateinische übertragen. Auch zwei hebräische Übersetzungen, eine ältere von Jakob ben Machir (1271) und eine jüngere von Salomo ibn Pater Kohen (1328), einem Arzte aus Burgos, sind uns erhalten [3]. Das Inhaltsverzeichnis und einiges andere daraus hat uns Moritz Steinschneider mitgeteilt [4].

2. *De luce,* in arabischem Text und deutscher Übersetzung herausgegeben von J. Baarmann [5].

---

[1] L. Leclerc, *Hist. de la méd. arabe* (1876) I p. 515—520. — E. Narducci, *Intorno ad una traduzione italiana fatta nel secolo decimo quarto d' ottica d' Alhazen* (Rom 1871) zählt nur etwa sechzig Werke auf.

[2] M. Steinschneider, *Die hebräischen Übersetzer des Mittelalters* (Berlin 1893) S. 591.

[3] M. Steinschneider, a. a. O., S. 559 ff.

[4] M. Steinschneider, *Notice sur une ouvrage astronomique inédit d'ibn Haitham,* in: *Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matimatiche e fisiche.* Bd. 14, S. 721 ff. (Rom 1881). — Bei Wüstenfeld werden zwei Schriften angeführt, die eine von Rabbi Salomo übersetzte unter dem Titel *De sphaera* und eine von Jakob ben Machir und später von R. Salomo übersetzter *Tractatus de astronomia.* Mit lateinischen Titeln bei hebräischen Übersetzungen ist natürlich nichts anzufangen. Die von Salomo ibn Pater übersetzte Schrift führt nach M. Steinschneider die Überschrift: *„Buch über die Wissenschaft der Astronomie."* Beide Schriften sind daher vielleicht identisch.

[5] Z. D. M. G. XXXVI 1882.

3. Die *Perspectiva*[1] (gewöhnlich Optik genannt), das Hauptwerk Alhazens, auf dem die folgende Darstellung seiner Psychologie fußt. In den Handschriften heißt das Werk entweder *De aspectibus*, was am meisten dem Arabischen entspricht, oder auch *Perspectiva*. Der Titel *Optica* stammt erst aus Risners Opticae thesaurus[2]. Das optische Werk Alhazens wurde im dreizehnten Jahrhundert ins Lateinische übertragen. Ins Italienische wurde es im vierzehnten Jahrhundert (1341) übersetzt von Guerruccio de Cione Federighi, dem Astronomen am Hofe Alfons' X, Königs von Kastilien.

4. *De crepusculis et nubium ascensione.* — Die beiden letzten Schriften wurden von F. Risner zusammen mit der Optik des Witelo in lateinischer Übersetzung als *Thesaurus opticae* zu Basel im Jahre 1575 herausgegeben. Von wem diese lateinischen Übersetzungen herrühren, ist nicht bekannt. Jedenfalls stammen sie aus dem Mittelalter, vermutlich aus dem Beginn des dreizehnten Jahrhunderts[3].

Der Einfluß Alhazens auf die Philosophie des Mittelalters, den diese Übersetzung ermöglichte, war kein geringer. Zwar tritt er in der herrschenden Richtung nicht bemerkbar hervor, um so mehr aber in naturwissenschaftlich gerichteten Kreisen. Schon Risner hat erkannt, daß die Perspektive des schlesischen Philosophen und Naturforschers Witelo in starker Abhängigkeit zu Alhazen steht, und hat dieses durch Einzelnachweise bei den betreffenden Kapiteln dargetan. Vor allem durch dieses vielgelesene Werk Witelos sind Alhazens naturwissenschaftliche und psychologische Theorien den Scholastikern übermittelt worden, wie Cl. Baeumker gezeigt hat[4]. Auch Roger Bacon[5] hat die Ge-

[1] Darüber vgl. Cl. Baeumker, *Witelo* (Beiträge zur Gesch. d. Philos. des Mittelalters. Bd. III. Heft 2. Münster 1908) S. 229—233.

[2] Die Vatikanische Bibliothek besitzt (nach dem handschriftlichen Katalog) das Werk Alhazens. Die Notiz des Katalogs darüber lautet nach E. Narducci: „4595 Alchaten filij Achai Chem. de scientia perspectiva seu aspectibus. lib. vij Italice — Poniam il vedere I. Adverte quia in libro quarto in principio adest hoc nomen Haten filij Hucam filij Haiteñ. In fine postea libri adest Alaceñ. Videatur autem quis sit auctor".

[3] Über die hebr. Übersetzungen vgl. Steinschneider, a. a. O. S. 558 f.

[4] Cl. Baeumker, *Witelo* 225—255; 610—640.

[5] Vergl. S. Vogl, *Die Physik Roger Bacons.*

danken des arabischen Naturforschers vielfach aufgenommen[1]. Seine Autorität auf dem Gebiete der Optik ist für Bacon unfehlbar, ebenso wie die des Ptolemäus. „*Plenitudo autem sapientiae istorum duorum philosophorum*“ — heißt es bei ihm in dem Werke *Multiplicatio specierum*[2] — „*in libris manifestat, quod nullum falsum dicunt, et ideo ipsi in libris Aspectuum sunt de illis auctoribus, qui in omnibus sunt recipiendi . . ., quod florem philosophiae explorant sine falsitate qualibet.*“

Übrigens steht der Lateiner mit dieser Bewunderung Alhazens nicht allein. Auch der jüdische Gelehrte Joseph ibn Akuin hält Alhazens Schrift über die Optik für besser als die Arbeiten des Euklid und Ptolemäus, die dasselbe Gebiet der Physik behandeln, und Levi ben Abraham wiederholt dieses Urteil[3].

Auch in neuerer Zeit hat Alhazen vielfach Beachtung gefunden. Als Mathematiker und Physiker wird er in mehr oder minder ausführlichen Bemerkungen gefeiert bei[4]:

J. F. Montucla, *Histoire des mathématiques.* Paris 1758.
F. Priestley, *Geschichte der Optik.* Leipzig 1775.
J. E. Scheibel, *Einleitung zur mathematischen Bücherkenntnis.* Breslau 1781.
A. G. Kaestner, *Geschichte der Mathematik,* II. Göttingen 1796.
E. Wilde, *Geschichte der Optik,* I. Berlin 1838.
F. Wüstenfeld, *Geschichte der arabischen Ärzte und Naturforscher.* Göttingen 1840.
L. Am. Sédillot, *Histoire comparée des sciences mathématiques,* II. Paris 1845—49.
B. Baldi, *Vite di matematici arabi.* Roma 1872.
E. Wiedemann, *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften bei den Arabern.* Leipzig 1876.
J. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik.* Leipzig 1879.
E. Wiedemann, *Sull' ottica degli arabi.* Roma 1881.
M. Marie, *Histoire des sciences mathématiques et physiques,* II. Paris 1883.
L. Schnaase, *Alhazen.* Danzig 1888.
L. Schnaase, *Die Optik Alhazens.* Stargard 1889.
E. Wiedemann, *Über die Naturwissenschaft bei den Arabern.* Hamburg 1890.
E. Wiedemann, *Zur Geschichte der Brennspiegel.* Leizig 1890.
P. Bode, *Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe,* Frankfurt a. M. 1893.
M. Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik,* I. Leipzig, 2. Aufl., 1894.
C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Literatur,* I. Weimar 1898.

[1] Die Bezugnahmen Bacons auf Alhazen verzeichnet Bridges im Index seiner Ausg. v. Bacons *Opus maius* (Oxford 1897) Bd. II, S. 553 s. v. Alhazen.
[2] Roger Bacon, *De multiplicatione specierum* III, 3 (ed. Bridges p. 513).
[3] Vgl. Steinschneider, a. a. O., S. 558.
[4] Genauere und eingehendere Literatur siehe unten Literaturangabe.

H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber.* Leipzig 1900.
E. Wiedemann, *Ibn al Haitam, ein arabischer Gelehrter.* Leipzig 1906.
E. Wiedemann, *Über das Messen von Ibn al Haitam.* Erlangen 1910.

Am ausführlichsten behandeln von den Genannten Priestley, Poggendorff, Schnaase, Cantor und Wiedemann die mathematischen und physikalischen Errungenschaften unseres Autors. Während Priestley mitunter zuviel in die Worte des mittelalterlichen Naturforschers hineinlegt und in seinem Panegyrikus das rechte Maß überschreitet, geben M. Cantor und Wiedemann ein wohlabgewogenes Urteil.

Die Bedeutung Alhazens als Mediziner würdigt L. Leclerc[1].

Auch die Psychologie Alhazens hat bereits von sachkundigster Seite Beachtung gefunden. Es ist Hermann Siebeck, der in einer Artikelserie im ersten bis dritten Bande des Archivs für Geschichte der Philosophie auch auf die eigentümlichen psychologischen Anschauungen Alhazens, die ihm innerhalb der arabischen Philosophie in vielem eine singuläre Stellung geben, hingewiesen hat[2]. Doch bietet Siebeck nur eine kurze Skizze, in der nur einige Hauptpunkte mit scharfem Blicke hervorgehoben sind, während anderes, insbesondere auch das Physiologische, kaum zur Sprache kommt, und das ganze Material keineswegs ausgeschöpft ist. So möge denn hier eine eingehendere Darstellung alles dessen folgen, was wir von Alhazens Psychologie aus der Perspektive entnehmen können. Zur allseitigen Würdigung möge es gestattet sein, zuvor auch kurz des Mathematikers und Physikers zu gedenken. Denn wenn über den Mathematiker das Nötige auch schon von Cantor u. a. gesagt ist, so ist eine zusammenfassende Würdigung des Physikers Alhazen bis jetzt noch nicht gegeben.

2. Alhazen als Mathematiker und Physiker.

a) Alhazens Mathematik.

Die mathematischen Theoreme finden sich bei Alhazen nicht systematisch zusammengestellt, wie dies bei Witelo in dessen erstem Buche der Perspektive der Fall ist: sie sind bei passender Gelegenheit bewiesen[3]. Von einem Eingehen auf die einzelnen

[1] L. Leclerc, *Hist. de la méd. arabe* I p. 512—525.
[2] *Archiv für Gesch. d. Phil.* II (1889) S. 414—425.
[3] In den Büchern II—VII.

Sätze kann hier abgesehen werden; für die allgemeine Charakteristik des Mathematikers Alhazen sei auf Cantors oben zitiertes Werk und die zahlreichen Einzelabhandlungen von E. Wiedemann verwiesen.

b) Alhazens Physik.

1. In sehr eingehender Weise behandelt Alhazen die Dioptrik und Katoptrik. Mit seltener Tiefe und unter Anwendung mathematischer Hilfsmittel hat er die Gesetze der Reflexion und Brechung klargelegt und experimentell bewiesen. Die geometrische Behandlung der Optik ist bedeutend weiter ausgedehnt, als dies in den heutigen Lehrbüchern der experimentellen und theoretischen Physik zu geschehen pflegt. Nur ebene und sphärische Spiegel werden zur Zeit berücksichtigt; der arabische Physiker beschäftigt sich auch mit Zylinder- und Kegelspiegeln.

2. Auch in anderer Weise ist die Behandlung der katoptrischen Phänomene bei ihm eine noch umfassendere. Die modernen Handbücher nämlich pflegen die Theorie der Kugelspiegel nicht allgemein zu behandeln, sondern nur unter der speziellen Voraussetzung, daß alle in Betracht zu ziehenden Lichtstrahlen sehr kleine Einfallswinkel haben — eine Bedingung, die erfüllt ist, wenn der Spiegel eine kleine Öffnung besitzt —. Alhazen dagegen berücksichtigt, wie dies beim zylindrischen und konischen Spiegel selbstverständlich ist, auch beim sphärischen die volle Ausdehnung.

3. Seine Theorie begnügt sich ferner nicht damit, die Art der Bilder zu kennzeichnen, ob diese reell sind oder virtuell, ob vergrößert oder verkleinert, ob aufrecht oder umgekehrt, vielmehr gibt sie uns zugleich ein Mittel an die Hand, die Lage des Bildes für den Beobachter festzustellen. Sie basiert auf geometrischen Konstruktionen und umfaßt das Gebiet, das wir heute als „geometrische Optik" bezeichnen. Bei diesen Konstruktionen benutzt er statt der Lichtstrahlen die mathematischen Linien *(lineae intellectuales IV, 16)*, wobei er sich wohl bewußt ist, daß er hierbei sich einer Abstraktion bedient. Die Lichtstrahlen selbst sind nämlich nicht eindimensionale Gebilde, sondern *lineae sensibiles non sine latitudine (IV, 16)*, also Körper. Sie stellen Zylinder, oder genauer Kreiskegel dar, bei denen die Breite gegen-

über der Höhe sehr gering ist. Die Achsen dieser körperlichen Gebilde[1] benutzt Alhazen dann zur konstruktiven Darstellung der optischen Phänomene.

4. Ein fernerer charakteristischer Unterschied der Methode Alhazens und der Modernen besteht in folgendem:

Die heutige Physik lehrt uns — unter der oben angegebenen Einschränkung — wie das Bild zu einem Gegenstand ganz objektiv zu finden ist, d. h. unabhängig von der Lage des Auges des Beobachters. Nicht wo und wie das Bild wahrgenommen wird, ist die Frage der gegenwärtigen Behandlungsart, sondern wo es liegt, wo es mittelst eines Schirmes aufgefangen werden kann. Der arabische Physiker dagegen kombiniert die Lage des Gegenstandes, der infolge der Reflexion von Lichtstrahlen sichtbar wird, und die Lage des Objektes, das Auge, die Lage und Beschaffenheit der spiegelnden Oberfläche; daraus konstruiert er die scheinbare Art und Größe des Gegenstandes, das wahrgenommene Bild.

5. Zum Nachweis des Reflexionsgesetzes[2] bedient sich Alhazen mit Scharfsinn erdachter und wohl mit großer Genauigkeit konstruierter Apparate[3]. Er ist der erste, der die Aufgabe löste[4], die auch noch heute den Namen der Alhazenschen Aufgabe trägt und dadurch den Namen Alhazens, des arabischen Gelehrten, auch in der heutigen Physik lebendig erhält: Wenn die Lage des Auges gegeben ist und die des im Spiegel sichtbaren Gegenstandes, so soll der Reflexionspunkt gefunden werden[5].

6. In anderen Fällen versagt die mathematische Konstruktion, da Alhazen die nötigen trigonometrischen Funktionsbegriffe noch nicht zur Verfügung stehen. Hier greift er dann mehrfach zur experimentellen Behandlung des Problems[6]. Auf diesem Wege stellt er für bestimmte einzelne Fälle das tatsächliche Verhalten fest und ordnet die Ergebnisse in tabellarischer Form an[7]. Ein sicherer Nachweis des Reflexionsgesetzes liegt vor, da die mathematischen Hilfsmittel seiner Zeit ausreichten, während dieselben

[1] In medio illius lineae sensualis est linea intellectualis (IV, 16).

[2] Der Einfallswinkel ist gleich dem Ausfallswinkel. Das Einfallslot, der einfallende und der ausfallende Strahl liegen in einer Ebene.

[3] IV, 7. [4] V, 39, 48, 54—59.

[5] Vgl. P. Bode, *Die Alhazensche Spiegelaufgabe.* [6] VII. [7] VII, 10.

für die Feststellung des gesetzlichen Zusammenhanges zwischen einfallendem und gebrochenem Lichtstrahl versagten, da hier die Kenntnis der Sinusfunktion notwendig ist.

Schon längst war die Tatsache der Lichtbrechung bekannt. Auch hatte man versucht, den Zusammenhang der Inzidenz- und Refraktionswinkel der Strahlen festzustellen. Hierbei hatte man geglaubt, aus den Beobachtungen die Proportionalität der Winkel folgern zu müssen. Diese Ansicht war im Altertum und bis tief hinein ins Mittelalter die einzig vertretene. Alhazen kommt auf Grund seiner Beobachtungen (VII, 10) zu der Überzeugung, daß die Annahme der Alten die Beziehung der einfallenden und gebrochenen Strahlen nicht richtig wiedergibt. Jedoch kommt er aus den erwähnten Gründen nicht zur Formulierung des Gesetzes. Erst Snellius (1591—1626) und Descartes (1596–1650) geben den allgemeinen Ausdruck des Brechungsgesetzes [1].

7. Zum Schluß sei auf den wichtigen Satz des Alhazen von der kugelförmigen Ausbreitung der Lichtstrahlen hingewiesen, durch welchen er über die landläufige Anschauung des Altertums in vorteilhafter Weise hinausgeht [2]. Im Altertum nämlich gab es über die Wirksamkeit des Lichtes zwei Hauptansichten, von denen die eine das Licht zentrifugal vom Auge ausgehen, die andere zentripetal zum Auge sich hinbewegen läßt. Nach dem teilweisen Vorgange von Alkmäon [3] und Empedokles [4] nämlich behauptete Plato [5], daß das Sehen durch Strahlen bewirkt werde, welche vom Auge aus durch dessen durchsichtige Hornhaut hindurch zum Gegenstand gelangen und dann die Empfindung vom Gegenstande nach dem Gesichtsorgan zurückbringen sollen, so daß wir also gleichsam das Objekt mittelst der Sehstrahlen „befühlen“. Demgegenüber verfochten bereits, wie es heißt die Pythagoreer, jeden-

[1] Das Brechungsgesetz lautet in seiner allgemeinen Form: Dividiert man mit dem Sinus des Einfalls- in den Sinus des Refraktionswinkels, so erhält man für die nämlichen beiden Medien als Quotienten eine konstante Zahl, den Brechungsexponenten (also eine Körperkonstante).

[2] Ex corpore quolibet illuminato cum quolibet lumine exit lux ad quamlibet partem oppositam ei (I, 14).

[3] H. Diels, *Gorgias und Empedokles.* Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1884, 1, S. 353 f.

[4] E. Zeller, *Die Philos. d. Griechen* I[5] (1892) S. 801.

[5] Plato, *Tim.* 45 B—C.

falls aber die Atomiker, die Meinung, daß von der Oberfläche der Gegenstände sich Teilchen loslösen, die dann im weiteren Verlauf zum Auge gelangen[1] — eine Auffassung, die wir mit der späteren Emanationshypothese vergleichen können —. Den Grundgedanken dieser zweiten Ansicht teilt Alhazen[2]. Während bei derselben im allgemeinen nur die Beziehung zwischen Objekt und Sehorgan ins Auge gefaßt wurde, erweitert Alhazen — es sei dahingestellt, inwieweit auch dies nach griechischem Vorbild geschehen — das Prinzip. Von jedem Punkt eines gesehenen Körpers, so lehrt er, möge dieser nun selbstleuchtend sein oder nur in reflektiertem Lichte erscheinen, geht Licht nach allen Seiten hin aus. — Auch nach Alhazen blieb diese Tatsache lange Zeit hindurch unbekannt und unbenutzt, bis Huygens sie zur Erklärung optischer Phänomene benutzte. Seither wird dieselbe unter dem Namen des Huygensschen Prinzips — man sollte lieber sagen Alhazensches Prinzip — zur Erklärung der Dispersion und Beugung angewandt.

Im vorausgehenden dürften die Grundgedanken zusammengefaßt sein, durch welche Alhazen für die beiden Gebiete der Dioptrik und Katoptrik teils eine bleibende, wertvolle Bereicherung, teils auf Grund seiner experimentellen Beobachtungen manche beachtenswerte Einzelbeiträge gegeben hat. Doch kann auf diese Detailfrage hier, wo es sich um eine allgemeine Charakteristik Alhazens als Naturforscher handelt, nicht näher eingegangen werden.

Leider steht diesen großen Vorzügen des Forschers ein erheblicher Mangel der Darstellung gegenüber. Schon Witelo klagt in dem Widmungsbriefe an Wilhelm von Moerbeke, den er seiner Perspektive vorausschickte, über die „*loquacitas*" des Arabers[3]. Die Unklarheit und Weitschweifigkeit der Worte und die häufigen Wiederholungen machen die Lektüre oft zu einer unerfreulichen. Gerade dies dürfte wohl dazu beigetragen haben, daß Alhazens Werk, wie es scheint, nicht die gleiche Verbreitung gefunden hat, wie das in der Hauptsache auf ihm beruhende, aber glatter und in besserer Ordnung geschriebene des Schlesiers Witelo.

[1] Bei Empedokles ist dieser Gedanke gleichfalls vorhanden (vgl. Zeller, a. a. O.). An ihn schloß Gorgias sich an (H. Diels, *Fragmente der Vorsokratiker*[2] II, 1 S. 555 (fr. 4 aus Plato, *Men.* 76 Aff.).

[2] I, 14, 23. [3] Cl. Baeumker, *Witelo*, S. 229.

II. Alhazens Psychologie.

Wenn hier von „Psychologie" des Alhazen gesprochen wird, so fasse ich das Wort, der Begriffsbestimmung und dem Sprachgebrauch der arabischen und lateinischen Autoren gemäß — die hierin wieder dem Aristoteles folgen —, in einem viel weiteren Sinne, als er in der Gegenwart üblich ist. In seinen drei Büchern „Über die Seele" nämlich trennt Aristoteles noch nicht das Physiologische vom Psychologischen im modernen Sinne des Wortes. Der Grund liegt darin, daß für ihn, wie für den griechischen Standpunkt überhaupt, das Seelische nicht auf das Bewußte beschränkt ist; „Seele" ist ihm vielmehr das Prinzip des Lebens in weitestem Sinne. Psychologie in antikem Sinne fällt daher mit unserer Biologie zusammen.

Natürlich wird es bei dieser Sachlage zum besseren Verständnis nötig sein, den physiologisch-psychologischen Erörterungen zugleich eine kurze Übersicht über Alhazens Anatomie der Organe vorauszuschicken, welche für diese Prozesse in Betracht kommen.

1. Anatomie des Auges[1].

a) Die Bestandteile des Auges[2].

Mit dem Bau des Auges hatten sich bereits die Alexandriner befaßt; aber die Beschreibung, die Alhazen liefert, ist doch vielleicht die erste, die den Namen einer systematischen verdient. Vielfach (z. B. von Wüstenfeld) wird Alhazen als derjenige gefeiert, der zuerst das Auge anatomisch untersuchte. Dies geht viel zu weit. Nicht erst der Araber hat den Bau des Auges entdeckt; er weist vielmehr selbst darauf hin, daß er nur die herrschende Meinung wiedergibt[3]. Aber Alhazen beschreibt diesen Bau auf Grund aller voraufgehenden Forschungen zum ersten Male im Zusammenhang[4].

[1] I, 4—35. [2] I, 4.

[3] Et omne, quod diximus de tunicis oculi et compositione earum, iam declaratum est ab anatomicis in libris anatomiae (I, 13).

[4] Leonardo da Vinci hat die anatom. Angaben und Zeichnungen Alhazens aufgenommen (Vergl. W. Elsässer, *Die Funktion des Auges bei Leonardo da Vinci*).

Der Sehnerv, und mit ihm das ganze Auge, hat seinen Ursprung und den Ausgang seines Wachstums im Gehirn[1]. Das Gehirn ist der Zentralsitz der Empfindungen, das *ultimum sentiens*, entsprechend dem Aristotelischen *αἰσθητικὸν κοινόν*, nur mit dem Unterschied, daß Aristoteles als solches das Herz annimmt. Alhazen folgt hier dem Galen, welcher die alte Anschauung des Alkmaeon und des Plato über die Stellung des Gehirns erneuert.

Über den Bau des Gehirns und seiner optisch bedeutsamen Teile weiß der Araber nichts Näheres auszusagen; dagegen ist ihm das Chiasma der Sehnerven bereits bekannt. Die beiden Sehnerven — so beschreibt er ihren Verlauf (I, 4) — schlingen sich nach ihrem Austritt aus dem Gehirn nach unten und innen herum, nähern sich einander, so daß sie beide zusammenstoßen und einen gemeinschaftlichen Nerven, den *nervus communis*, bilden. Daß nicht alle Fasern sich im Chiasma vollständig kreuzen, sondern daß nur eine teilweise Kreuzung *(semidecussatio)* stattfindet, weiß er noch nicht. Der Gedanke daran lag ihm schon deshalb von vornherein fern, weil er die Nerven als Kanäle betrachtet, in denen das Sehpneuma fließt. Durch dieses Sehpneuma, den *spiritus visibilis*, welches im Nerven vom Gehirn zum Sehwerkzeug und in umgekehrter Richtung von dem Gesichtsorgan zum Gehirn strömt, vollzieht sich die Übermittlung des Bildes zum Bewußtsein. Erst der *spiritus visibilis* gibt dem Auge die Möglichkeit, die Körper der Außenwelt wahrzunehmen *(dat virtutem sensibilem I, 4)*.

Was den Bau des Sehnerven betrifft, so besteht dieser nach Alhazens Beschreibung aus zwei übereinander gelagerten Häuten, die einen Kanal einschließen. An ihrem vorderen Ende gehen beide Nervenscheiden über in die Häute, die die festen Bestandteile des Auges umgeben. Die äußere Nervenscheide setzt sich als harte Augenhaut *(tunica consolidativa)* fort, unter der offenbar die *sclera* und ihre Fortsetzung, die Cornea, verstanden ist. Die harte Augenhaut füllt die Orbita, die Augenhöhle — *concavum ossis (I, 4)* nennt Alhazen diese Höhlen des Gesichtsschädels — aus und bestimmt die Größe und Beschaffenheit des Augapfels.

[1] Principium et incrementum eius (sc. oculi) est ex anteriore parte cerebri, quoniam ex anteriore parte crescunt duo nervi optici (I, 4).

Der vordere Teil der *tunica consolidativa* bildet die durchsichtige, kugelförmige, hornartige Haut, die schon bei Alhazen den Namen *tunica cornea* hat. Diese Hornhaut ist nach seiner Meinung nicht über die durch die Sklera begrenzte Kugel (bzw. Ellipsoid) erhaben, sondern liegt in dieser Kugeloberfläche. Auch schreibt ihr der arabische Forscher gleichmäßige Dicke *(aequalis spissitudo I, 6)* zu, während sie in Wirklichkeit, wie die neueren Untersuchungen dargetan haben, in ihrem hinteren Teile am dicksten ist (1 mm und darüber) und nach vorne allmählich abnimmt (0,4 mm).

Die Endung der innern Nervenscheide geht in eine Haut über — gemeint ist die Choroidea —, für welche Alhazen den Gesamtnamen *uvea*, d. h. Traubenhaut[1], hat. Diese schließt sich von innen dem von der *tunica consolidativa* gebildeten Hohlkugelmantel an. Ihr vorderer Teil löst sich von der Cornea ab und legt sich vor diese als flacher Schirm, in dessen Mitte sich das *foramen uveae*, das Sehloch oder die Pupille befindet. Der arabische Gelehrte bezeichnet diesen Teil — gemeint ist die Regenbogenhaut, die Iris — als *anterior uvea*. Ihre Farbe ist im allgemeinen — Alhazen berücksichtigt dabei vorzüglich seine Umgebung, die Südländer — schwarz; daneben kommen hellere Töne, grüne und graue Färbung vor (I, 4). Fälschlich hat der Araber die Färbung der Iris auch auf die ganze Choroidea übertragen und meint nun, daß auch diese schwarz, grün oder grau sei.

Der Choroidea schließt sich als drittes Gewebe des Bulbus die *tela aranea* an. Diese umschließt den *humor glacialis*, also den Glaskörper und die Linse. Unter dem Namen der *tela aranea* ist hier die Netzhaut und der vordere Teil der Linsenkapsel zusammengefaßt. Über den Bau dieses dritten Gewebes läßt sich Alhazen nicht aus, — wie dies Witelo tut.

Von dem Übergang der Nervenwandung in die Gewebe des Auges hat Alhazen wieder eine eigentümliche Vorstellung. Die beiden Wände des *nervus opticus* verbreitern sich nach ihrem Durchtritt durch das *foramen opticum* in die Augenhöhle. Das Auge besitzt also in seiner hinteren Hälfte keine Kugelgestalt,

[1] Die äußere Gestalt der *uvea* gleicht der einer Traubenbeere, die Öffnung der „Taubenhaut", die Pupille ist zu vergleichen mit der Grube, die sich in der Beere nach Loslösung des Fruchtstieles bildet.

sondern eher die eines Kegels. Alhazen selbst vergleicht die Gestalt des Sehnerven nach seinem Durchgang durch das Keilbein mit einem Trichter, einem *instrumentum ponendi vinum in doliis* (I, 4). Diese einem Kreisel ähnliche Erweiterung — *gyratio nervi optici* nennt sie Alhazen (II, 1) — hat eine solche Lage, daß ihre Achse durch den Mittelpunkt der Cornea und der Uvea hindurchgeht.

Die Endung des Sehnerven hat die Eigentümlichkeit, der Augenbewegung folgen zu können. Ob damit eine Gestaltsveränderung der *gyratio* verbunden ist, oder ob der Nerv nicht direkt auf dem Auge aufsitzt, sondern zuerst seitlich ausbiegt, erwähnt Alhazen nicht. Jedoch steht soviel fest, daß der arabische Anatom nicht weiß, daß der Nerv seitlich in den Bulbus übertritt. Die Eintrittsstelle des *nervus opticus* durch die Sklera und Choroidea liegt in gerader Linie mit der Mitte der Pupille des Auges u. s. f. [1]. Es ist entschieden die Absicht des Autors klarzulegen, daß der Sehnerv zur Mitte der Netzhaut bzw. des *humor glacialis* gelangt, daß er zur Stelle des deutlichsten Sehens, zur *macula lutea* sich ausbreitet; denn nur an der Stelle kann die beste Rezeptivität für Lichtstrahlen bestehen, wohin der *spiritus visibilis* in größter Menge und in raschestem Wechsel gelangt.

Die Zeichnung, die Risner (p. 6 des *Thesaurus opticus*) gibt, trifft gar nicht die Meinung des Verfassers. Es erweckt den Anschein, daß der Herausgeber der Perspectiva des Alhazen den Bau des Auges im Bilde so darstellt, wie er zu seinen Lebzeiten bekannt war. Dies ergibt sich schon daraus, daß Alhazen zwar von der Augenbewegung spricht, der sie veranlassenden Kräfte, der Augenmuskeln, dagegen gar keine Erwähnung tut; trotzdem aber finden sich die *musculi oculum moventes* in der Zeichnung in dem Risnerschen *Thesaurus opticus*. Noch andere Gründe lassen sich anführen, auf die näher einzugehen sich indes erübrigen dürfte. Hirschberg [2] gibt an, Risner habe die Figuren nicht den Handschriften entnommen, sondern diese entstammten dem in den Jahren 1553, 1558, 1568 gedruckten Werke des Andreas Vesalius.

Außer den Geweben befinden sich noch Flüssigkeiten im Auge. Innerhalb der Choroidea und Iris, umschlossen von der

[1] I, 7, 12.

[2] In Graefe-Saemisch, *Handb. d. ges. Augenheilk.*, 2. Aufl., Bd. XIII, S. 163.

tela aranea, befindet sich eine kleine, weiße, feuchte Kugel, deren optische Dichte der des Eises gleich ist, und die daher den Namen *humor glacialis* führt, Wie aus Alhazens Ausführungen deutlich zu ersehen ist, faßt er unter dieser Bezeichnung den *humor crystallinus* und den *humor vitreus* zusammen. Zwar kennt er die Zweiteilung des Glazialkörpers in die Linse und den Glaskörper; aber er läßt nicht beide als selbständige Körper bestehen, sondern glaubt, sie bilden einen einheitlichen Körper, der durch eine Einschnürung eine derartige Teilung erfährt, daß zwei Teile zu existieren scheinen. Nach Alhazens Beschreibung hat von diesen der vordere die Gestalt einer Linse [1]. Jedoch gebraucht er das Wort noch nicht im technischen Sinne, nennt vielmehr, wenn er die Linse besonders hervorheben will, dieselbe stets den „vorderen Glazialkörper" (*anterior glacialis* I, 9).

Die beiden Teile unterscheiden sich auch hinsichtlich der Durchsichtigkeit [2]. Der hintere Teil hat eine Durchsichtigkeit, die der des Glases nahe kommt, weshalb für ihn schon bei Alhazen die Bezeichnung *humor vitreus* sich findet. Wie neuere Versuche ergaben, ist die Verschiedenheit der optischen Dichten des Glaskörpers und der Linse eine weit geringere, als der Araber annimmt. Der Brechungsindex für den Linsenkern ergibt sich zu $n = 1{,}4107$, während für das *corpus vitreum* der Brechungsexponent sich auf $n = 1{,}3347$ beläuft [3].

In der vorderen Augenkammer, die durch die Hornhaut einerseits und die Regenbogenhaut andererseits begrenzt wird, liegt eine eiweißähnliche Flüssigkeit, der *humor albugineus.*

b) Gestalt des Auges und seiner Teile [4].

Die sämtlichen Gewebe und Körper des Auges haben kugelförmige Gestalt; alle Kugeln sind konzentrisch angeordnet [5]. Kaum verständlich ist es, wie es einem Beobachter entgehen konnte,

[1] In anteriori istius sphaerae (sc. humoris glacialis) est compressio superficialis parva et assimilatur compressioni superficiei lentulae (I, 4).

[2] II, 2.

[3] Nach Merkel und Kallius (in Graefe-Saemisch, *Handbuch der ges. Augenheilkunde,* 2. Aufl. Bd. I, S. 52). [4] I, 5—13. [5] I, 12.

daß die Gestalt des Bulbus nicht die einer Kugel ist, sondern eher die eines Ellipsoides mit drei verschiedenen Achsen, wobei die Durchmesser des Augapfels sich so zueinander verhalten, daß der horizontale der größte, der gerade (von vorn nach hinten gehende) der kleinste und der vertikale der mittlere ist. Wir müssen uns daher fragen, wie es kam, daß der Araber zu einer exakten Beobachtung der so offenliegenden Verhältnisse nicht kam.

Vermutlich lag der Grund für Alhazens Übersehen in seiner vorgefaßten Theorie. Dieses darzulegen bedarf es einer längeren Erörterung.

Alhazen weiß genau, daß beim Übergang des Lichtes von einem Medium zu einem anderen, von dem ersten hinsichtlich der optischen Dichte verschiedenen der Strahl gebrochen wird [1]. Wären die Lichtstrahlen, mittelst derer das Auge das Bild der Gegenstände der Außenwelt erhält, nicht senkrecht über der Trennungsfläche zwischen Auge und Außenraum, so würden sie gebrochen und könnten in uns kein deutliches Bild der Körper erzeugen [2]. Ebenso wie von jedem Punkte eines Körpers Lichtstrahlen nach allen Seiten hin ausgehen, so gelangen auch zu jedem Punkte Strahlen von allen Richtungen her. Daher gelangen zu jedem Punkte der Augenoberfläche zu derselben Zeit eine Menge Strahlen, die gegen die Normale des Auges in jenem Punkte beliebig geneigt sind. Alle Strahlen dieser Art werden gebrochen. Zu jedem Punkte des Glacialis gelangen aus demselben Grunde gleichzeitig viele Strahlen, die beim Übergang von der Luft zum Innern des Auges eine Brechung erfahren haben, dagegen nur ein einziger Lichtstrahl, der ungebrochen in seiner Richtung beharrte. Ebenso aber wie die gebrochenen Strahlen aus ihrer früheren Bahn abgelenkt werden, so muß dies auch mit den Formen [3] geschehen, die vermittelst solcher gebrochenen Strahlen zum Sehorgan gelangen. Diese Formen müssen daher eine Änderung und eine Verzerrung erleiden. Da nun ein gebrochener Lichtstrahl nicht vor dem andern bevorzugt sein und keiner von ihnen eine größere Wirkung auf das Auge ausüben kann als der andere, so werden die durch sie entstehenden Bilder sämtlich

[1] VII, 2 – 12. [2] I, 18, 20. [3] Siehe S. 27 ff.

undeutlich und schwach sein. Der Strahl dagegen, der auf das Auge senkrecht auffällt, geht ungebrochen hindurch; aber dies nur unter der Voraussetzung — hier liegt die Quelle von Alhazens Irrtum, — daß sämtliche Schichten vor dem *humor glacialis* konzentrische Kugelschalen sind, deren innerste sich der Linse anschließt. Dieser Strahl, der ungebrochen auf den *humor glacialis* auffällt, hat einen kürzeren Weg zurückgelegt als alle andern; seine Energie ist nach Alhazens an sich sehr verwunderlicher Theorie ungeschwächt, also stärker als die jeder andern Lichtwelle, die mit ihm auf denselben Punkt des empfindlichen Teiles fällt. Die Wirkung, die dieser Strahl ausübt, übertrifft daher an Stärke die jedes einzelnen unter einem Winkel inzidierenden Strahles. So kommt der Effekt der bevorzugten Strahlen allein zum Bewußtsein; die gebrochenen Strahlen dagegen, die nur verzerrte Bilder hervorbringen, können keinen merklichen Eindruck aufs Auge ausüben[1]. — Es erhellt also aus den Ausführungen des arabischen Gelehrten, daß nach seiner Theorie alle Strahlen, die dazu beitragen, uns einen Gegenstand erkennen zu lassen, senkrecht über der Begrenzungsfläche des Augapfels, der durchsichtigen Hornhaut stehen müssen. Lichtwellen, die diese

[1] Nullum punctorum, quorum formae perveniunt ad glacialem super lineas refractas, est dignius alio ex formis refractis, neque ulla refracta verticatio est dignior alia; et formae refractae ad unum punctum glacialis in uno tempore sunt multae non determinatae. Et punctum, cuius forma venit secundum rectitudinem perpendicularis ad unum punctum glacialis, est unum punctum tantum, et nulla alia forma venit cum ea secundum rectitudinem perpendicularis; quoniam omnes formae refractae non refringuntur nisi secundum lineas declinantes. Et cum centrum superficiei visus sit idem cum centro superficiei glacialis, linea, quae est perpendicularis super superficiem visus, est perpendicularis super superficiem glacialis. Forma ergo, quae venit super perpendicularem, distinguitur ab aliis formis duabus dispositionibus, quarum altera est, quod ipsa extenditur a superficie rei visae ad punctum glacialis super lineam rectam, et residuae veniunt super lineas refractas; altera autem est, quod ipsa perpendicularis erecta super superficiem visus, est etiam perpendicularis super superficiem glacialis: et lineae residuae, super quas veniunt formae residuae refractae, sunt declinantes super superficiem visus. Et operatio lucis venientis super perpendiculares est fortior operatione lucis venientis super lineas inclinatas. Dignius ergo est, ut glacialis non sentiat ex quolibet puncto nisi formam venientem ad ipsum punctum super rectitudinem perpendicularis tantum, et non sentiat ex illo puncto illud, quod veniat ad illud punctum secundum verticationes refractas (I, 18).

Bedingungen nicht erfüllen, lassen kein Bild eines Körpers der Außenwelt zu dem *ultimum sentiens,* zu dem Zentralsitz unseres Bewußtseins, gelangen.

Daß nur die senkrecht zur Augenoberfläche inzidierenden Strahlen uns zum Bewußtsein kommen, sucht Alhazen in folgender Weise dazutun. Gelangten zu einem Punkte der Cornea zwei gegen das Lot in jenem Punkte beliebig geneigte, schief einfallende Strahlen, so würden sie nach ihrem Eintritt ins Auge ihre Lage vertauschen. Der im Außenraum rechts bzw. oben verlaufende Strahl würde im Innern des Auges, also bereits auf dem *humor glacialis,* links bzw. unten vom Lote sich befinden. Statt des wahren Gegenstandes käme ein Bild in uns zum Bewußtsein, das dem Objekt zwar ähnlich, jedoch um zwei rechte Winkel gegen das ursprüngliche gedreht wäre. Es würden also in der Horizontalen die Seiten vertauscht, und ebenso schiene der Körper auf der Spitze zu stehen. Dies jedoch widerspricht unserer Erfahrung. — Von dem umgekehrten Bilde, das auf der Netzhaut entsteht, hat auch Alhazen noch keine Kenntnis; ebensowenig weiß er natürlich von den Gründen, weshalb wir trotz der Umkehr der Orientierung des Netzhautbildes die Gegenstände doch in ihrer natürlichen Orientierung wahrnehmen. Nach seiner Auffassung kommt das Bild im Glazialkörper zustande[1]. Hier wird, wie wir sahen, dann — und nur dann — ein der räumlichen Orientierung des Gegenstandes entsprechendes Wahrnehmungsbild erzeugt werden, wenn die Strahlen 1. ungebrochen und 2. senkrecht auffallen. Da aber der Brechungsindex des Auges und der Luft, wie der Araber weiß, wesentlich voneinander verschieden sind, so wird — und damit kehren wir zu unserem Ausgangspunkte zurück — bei kugelförmiger Gestalt des Auges ein ungebrochener Durchgang durch die vor dem Glazialkörper gelegenen Schichten stattfinden können. Nur unter dieser Voraussetzung werden die auf den Bulbus senkrecht auftreffenden Strahlen auch senkrecht auf den Glazialkörper auffallen. So verstehen wir, daß Alhazen im Banne seiner Theorie die dem aufmerksamen Beobachter deutlich sichtbare Vorwölbung der Hornhaut übersieht und seiner Theorie zu

[1] I, 30.

liebe die Schichten des Auges, die vor dem Glazialkörper liegen, zu vollkommenen Kugelschalen macht [1].

c) Teleologie des Auges und seiner Teile.

Alhazen begnügt sich nicht damit, den anatomischen Bau des Auges zu geben, sondern er sucht gemäß der von der alten Philosophie übernommenen, alles durchziehenden teleologischen Betrachtungsweise auch den Zweck und den Nutzen der einzelnen Teile zu erfassen und daraus ihre Funktion und ihren Bau zu erklären [2].

Die *tunica consolidativa* ist dazu da, das Ausfließen der wässerigen Flüssigkeit, des *humor albugineus*, aus der vorderen Augenkammer zu verhindern. Die das Auge umgebende Sklera (im weiteren Sinne) geht in die Hornhaut über, welche durchsichtig ist, damit Licht ins Auge gelangen kann. Die Dicke der Sklera und Cornea ist erforderlich, damit sie den Verletzungen durch Staub, Rauch usw. standhalten kann. Die weiße Farbe der Sklera trägt zur Verschönerung des Antlitzes bei [3]. Der *humor albugineus* ist durchsichtig, feucht und flüssig. Durchsichtigkeit ist erforderlich, wenn das Licht weiter ins Auge eindringen soll; Eigenschaft der durchsichtigen Körper nämlich ist es, Licht durchzulassen: *ex proprietate est corporis diaphani, ut non prohibeat formas lucis et coloris transire per suam diaphanitatem; et illud non recipit formas nisi receptione ad reddendum, non receptione ad alterandum (I, 28)*. Die vordere Augenkammer muß eine feuchte Substanz enthalten, um die den *humor crystallinus* umgebende feine Haut *(tela)* nicht austrocknen und so der Zerstörung anheim fallen zu lassen.

Die dunkle Färbung der Iris, der *anterior uvea*, wie sie Alhazen bezeichnet, ist dazu bestimmt, den innern Teil des Auges abzublenden und abzudunkeln; denn würde das Innere des Auges

[1] Daß die *tunica uvea* nicht eine zur *tunica consolidativa* und zum *humor glacialis* konzentrische Kugelschale bildet, kommt nicht in Betracht, da ja nur die durch das *foramen uveae* gehenden Strahlen den *humor glacialis* treffen. Es kommt wesentlich auf die Öffnung an, nicht auf die Krümmungen des übrigen Teiles der Iris, da ja dieses Stück der *uvea* für Licht undurchlässig ist. [2] I, 33—35.

[3] Consolidativa est alba, ut sit per ipsam forma faciei pulchra (I, 34).

von einer hellen Traubenhaut umgeben sein, so könnten keine geringen Helligkeiten wahrgenommen werden; ihre größere Dicke hat den Zweck, kein Licht durchzulassen, das nicht durch die Pupille, das *foramen ureae* hindurchginge. Die Pupille ist eine kreisrunde Öffnung aus zwei Gründen. Einerseits ist der Kreis die einfachste der geometrischen Figuren, und andererseits hat der Kreis bei vorgeschriebenem Umfang einen möglichst großen Inhalt. Es hat also ein kreisförmiges *foramen ureae* ein Minimum des Umfanges und bietet zugleich dem Licht eine maximale Durchtrittsfläche. Die Linse — Alhazen bezeichnet sie, wie wir wissen, als *anterior (humor) glacialis* — ist durchsichtig, um Licht und Farbe durchzulassen. Jedoch ist ihre Durchsichtigkeit nicht allzu groß, sondern der *humor glacialis* ist zugleich *aliquantulum spissus*, besitzt also eine beträchtliche optische Dichte. Denn wäre er vollkommen durchsichtig, so würden, nach Alhazen, Licht und Farbe ungehindert durch die Linse hindurchgehen, ohne in ihr selbst einen merklichen Eindruck hervorzurufen. Infolgedessen würde es unmöglich sein, daß der in der Linse lokalisierte *spiritus visibilis* das Objekt wahrnähme. Außerdem hat die Dichte, die die Kristalllinse besitzt, noch den Zweck, die Ausbreitungsgeschwindigkeit [1] des Lichtes und seiner Formen herabzusetzen.

Die Linse selbst ist mit einer Feuchtigkeit *(humidum)* umgeben, die mitsamt dem Glazialkörper (d. h. Linse und Kristallkörper) von einer feinen Haut umschlossen ist. Auch diese Feuchtigkeit hat eine teleologische Bedeutung. Sie bewirkt eine schnellere und deutlichere Wahrnehmung von Licht und Farbe, während die Abwesenheit derselben die Empfindlichkeit des Auges bedeutend erniedrigen würde. Was Alhazen unter diesem *humidum* versteht, ist freilich nicht ohne weiteres klar. Die anatomische Untersuchung ergibt nämlich, daß die Kristallinse die sie einschließende, durchsichtige, häutige, strukturlose Kapsel nicht genau ausfüllt. Es bleibt somit in dieser Kapsel ein um den Rand der Linse herum-

[1] Alhazen gibt einen die Sache nicht treffenden Beweis für die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes. *Lux non pervenit ex aëre, qui est extra foramen, ad aërem, qui est intra foramen, nisi in tempore, sed id tempus valde latet sensum propter velocitatem receptionis formarum lucis ab aëre* (III, 21).

gehender, wenn auch noch so unbeträchtlicher Raum übrig. Dieser Raum enthält den wasserklaren *humor Morgagni*, welcher aus der angestochenen Linsenkapsel ausfließt. Näher indessen liegt die Vermutung, daß der arabische Forscher nicht diesen *humor Morgagni*, der in der Linsenkapsel sich befindet, kennt, sondern den *humor aqueus*, der zwischen der Iris und der Linsenkapsel, also in der hinteren Augenkammer, sich befindet.

Der *humor vitreus* hat lediglich den Zweck, das in der Linse erzeugte Bild zum *spiritus visibilis* zu leiten. An späterer Stelle wird über die Brechungsverhältnisse des Glaskörpers und die sie fordernden Zweckmäßigkeitsgründe zu sprechen sein. Die Kugelgestalt des Augapfels bedingt seine leichte Beweglichkeit, auch hat diese Gestalt keine Ecken, die infolge der häufigen Reibung bei den Augenbewegungen sich abnutzen und so mit der Dauer des Gebrauches ihre Gestalt verlieren könnten. Der wichtigste Grund, weshalb der arabische Gelehrte dem Auge eine Kugelgestalt zuschreiben mußte, lag — wie bereits oben auseinander gesetzt wurde — freilich in seiner Theorie des Sehens.

Auch über den Zweck der Augenlider und Brauen[1] läßt sich Alhazen aus. Die ersteren schließen das Auge beim Schlaf, verhüten somit das Eindringen von grellem Licht, wodurch oftmals eine Störung des Schlafes, ein Erwachen herbeigeführt wird. Ebenso ist dadurch eine Schädigung oder Verletzung der Teile des Auges durch harte Gegenstände (Staubkörnchen usw.) ausgeschlossen. Auch die große Geschwindigkeit der Augenlider glaubt der arabische Naturforscher aus bloßen Zweckmäßigkeitsgründen erklären zu können. Durch die leichte Beweglichkeit der Lider nämlich kann das Auge gegen herannahende Objekte gesichert werden, die bei offenen Lidern eine Verletzung des Gesichtsorgans herbeiführen könnten. Die Bestimmung der Wimpern liegt darin, daß sie das Auge gegen sehr grelles Licht sichern. Alhazen überweist die Aufgabe der Iris bzw. ihrer Teile, des *sphincter* und *dilatator pupillae*, den Wimpern und Lidern (I, 35).

Daß wir nicht nur ein Auge besitzen, sondern zwei, verdanken wir der Güte des Schöpfers, der uns zwei Instrumente zur Lichtwahrnehmung gab, damit wir, wenn das eine durch einen

[1] I, 35.

Unfall seine Fähigkeit verloren hat, mittelst des andern, das in noch gebrauchsfähigem Zustande vorhanden ist, die optischen Eindrücke ins Bewußtsein aufnehmen können. Außer diesem praktischen Grund führt Alhazen auch ein ästhetisches Motiv an. Das Antlitz eines Zyklopen mit einem Auge in der Mitte der Stirn entspricht auf keinen Fall dem Schönheitsgefühle; ein Gesicht mit zwei symmetrisch gelegenen Augen erscheint viel gefälliger und hübscher [1].

Damit indes der Leser über die vielfach kindliche Naivität einer derartigen teleologischen Betrachtung nicht ein gar zu ungünstiges Bild von unserem philosophierenden Naturforscher erhalte, sei schon jetzt hier hinzugefügt, daß die Bedeutung des Konvergenzwinkels der Augen dem arabischen Gelehrten keineswegs unbekannt war, wenn auch seine Erklärungen, wie sich noch zeigen wird, im einzelnen sehr lückenhaft sind.

2. Physiologie des Sehens.

a) Lichtwahrnehmung.

Die Sinneswahrnehmung beginnt nach Alhazen, welcher hierin dem aristotelischen Vorgang folgt, im äußern Organ, um sich im Zentralsitz der Empfindung, dem *„ultimum sentiens“*, zu vollenden. Dem *ultimum sentiens*, dem Gehirn, kommt hierbei die Funktion zu, Träger der bewußten Erfassung des Objektes zu sein, während das Organ eine mehr vorbereitende Funktion hat und im Dienst des inneren Zentralorganes steht. Im folgenden wollen wir deshalb beginnen mit einer Darstellung der Vorgänge im Auge, dann die Leitung von dort bis zum Zentralsitz der Empfindung, dem *ultimum sentiens*, verfolgen und zuletzt die eigentümliche Auffassung des letzteren darlegen.

Der Teil des Auges, der zum Sehen der wichtigste ist, ist der *humor glacialis* [2]; denn dessen Trübung oder Zerstörung bedingt den Verlust des Sehvermögens. Die vor der Linse gelegenen

[1] Quare autem sint duo oculi, est ... ut forma faciei esset pulchrior (I, 33).
[2] I, 16.

Teile des Auges sind nur dazu da, die optische Wahrnehmung möglich zu machen [1].

Auch nach der heutigen Ansicht ist die Linse einer der wichtigsten Teile des Auges. Eine Lähmung ihrer Eigenschaften führt zu großen Störungen des Sehvermögens; denn nach dem Verlust der Akkommodationsfähigkeit kann sie keine scharfen Bilder auf der Netzhaut erzeugen. Die hierdurch bedingte Kurz- bzw. Weitsichtigkeit macht es unmöglich, ferne bzw. nahe Gegenstände deutlich wahrzunehmen. Nach Alhazen dagegen dient die Linse nicht dazu, ein scharfes Bild zu erzeugen, sondern sie ist selbst das Organ, das die Lichteindrücke empfindet. Sie selbst ist der Apparat, in dem die Gesichtsempfindungen entstehen. Das Licht, dessen Wirkung in uns zu Bewußtsein kommt, bildet eine Pyramide, deren Scheitel der Mittelpunkt des Auges und deren Basis der gesehene Gegenstand bildet [2]. Diese Pyramide wird von der Oberfläche der Linse in einem zu dem ursprünglichen Gegenstand ähnlichen Bilde geschnitten. Das Licht übt dabei einen Einfluß auf die Linse aus, führt eine Veränderung derselben herbei [3]. Die zum Auge gelangenden Lichtwellen bewirken das Sehen [4], sie sind bei dem Vorgang der objektive Teil, während das Auge nur passiv dabei beteiligt ist [5].

Daß das Licht nicht ungehindert durch die Linse hindurch geht, liegt in ihrer Natur: denn nicht nur zur Aufnahme des Lichtes und der Erscheinungsformen ist sie geeignet, sondern sie fühlt auch die Strahlen infolge ihrer optischen Dichte [6]. Die Linse hat demnach nicht nur die Wahrnehmung der Ausdehnung der erleuchteten Fläche, sondern zugleich ein Gefühl, und zwar ein Schmerzgefühl [7]. Der Schmerzreiz hat im allgemeinen nur einen sehr geringen Grad,

[1] Tunicae antecedentes — sc. humorem glacialem — non sunt nisi instrumentum glacialis (I, 16).

[2] I, 19.

[3] Omnia significant, quod lux operetur in visum aliquam operationem (I, 1).

[4] I, 14.

[5] Ex proprietate lucis est operari in visum, ex natura visus est, pati ex luce (I, 14; I, 25).

[6] I, 30; II, 4.

[7] Et ista operatio, quam operatur lux in glacialem, est ex genere doloris (I, 26).

der uns meistenteils gar nicht direkt zum Bewußtsein kommt [1], der aber mit der Zunahme des Lichtes ebenfalls wächst, so daß wir bei starkem, hellem Licht und starker, greller Farbe den Schmerz deutlich wahrnehmen [2]. Die Änderung der Kristallinse durch gewöhnliches Licht hat keine längere Dauer, sie hört auf, wenn das Licht nicht mehr zur Linse gelangt. Dies ist möglich, da die Veränderung nur eine kaum merkliche Stärke hat [3]. Dieser Schmerz kann so gering sein, daß wir seiner uns nicht bewußt werden [4]; wir werden also trotz des Vorhandenseins von Licht und Farbe diese nicht wahrnehmen können. Alhazen gibt hiermit eine Erklärung dafür, daß der optische Reiz eine bestimmte Grenze — wir würden sagen den Schwellenwert — überschreiten muß, um von uns als solcher wahrgenommen zu werden.

Andererseits kann aber die Veränderung, die die Linse durch einfallendes Licht erfährt, eine solche Steigerung durchmachen, daß nicht nur der Schmerz als solcher uns deutlich zu Bewußtsein kommt, sondern die Änderung nicht sofort mit dem Verschwinden der Ursache aufhört; sie klingt allmählich ab. Dadurch entstehen die Nachbilder, d. h. wir glauben noch einen Eindruck zu haben, trotzdem er bereits verschwunden ist [5]. Das Erscheinen der Nachbilder ist eine direkte Nachwirkung des Schmerzgefühls. — Wenn auch schon längst jene Hypothese in dieser Form gefallen ist, so ist der jetzt übliche Erklärungsgrund ein ähnlicher, wenigstens für die positiven und gleichfarbigen Nachbilder, die der Weiterwirkung der ursprünglichen Erregung entsprechen. Sie lassen sich durch eine länger anhaltende Fort-

[1] Passio eius (sc. membri sentientis) ex ista forma est ex genere dolorum non sentientium (I, 30).

[2] Et ista operatio, quam operatur lux in glacialem, est ex genere doloris, cum quidam dolores sint passibiles, et non laeditur membrum propter eos, et tales dolores non manifestantur sensui, neque iudicat dolens, quod sit dolor. Et significatio super hoc est, quod lux inducit dolorem, quia luces fortes offendunt visum et laedunt manifeste, sicut lux solis, quando aspiciens aspexerit corpus ipsius, et sicut lux solis reflexa corporibus tersis ad visum, quoniam istae luces inducunt dolores manifestos in visum (I, 26).

[3] Glacialis alteratur a luce et coloribus tantum, ut sentiat, et deinde auferatur immutatio post recessum (I, 30).

[4] Propter levitatem operationum lucium debilium temperatarum in visum latet sensum eas inducere dolorem (I, 26). [5] I, 1.

setzung der eingeleiteten Umwandlung der photochemischen Substanz in der Retina zurückführen.

Alhazen kommt zu seiner Ansicht von dem bestimmenden Einfluß bei dem Zustandekommen der Wahrnehmung wohl von der Tatsache aus, daß bei dem sinnlichen Eindruck gleichzeitig sinnliche Gefühle erregt werden. Mäßige Reize freilich gehen fast vollständig in der objektiven Empfindung auf. Jedoch bemerken wir bei aufmerksamer Beobachtung unseres innern Zustandes, daß auch schwächere Lichtreize mit gewissen Gefühlen verbunden sind, mag dieses Gefühl auch von sehr geringer Stärke sein. Grelles Licht dagegen veranlaßt unmittelbar ein Schmerzgefühl, hinter welchem die objektive Bedeutung der Empfindung zurücktritt.

Das Schmerzgefühl wird bei Alhazen natürlich durch den *humor vitreus* hindurchgeleitet und mittelst des *spiritus visibilis*, der in der Nervenröhre fließt, zum Gehirn ausgebreitet, welches die dort ankommenden Empfindungen analysiert [1]. Aber nicht nur übermittelt der *humor glacialis* die in Schmerzempfindung umgesetzte Lichtenergie, sondern es geht auch von dieser Lichtenergie ein nicht in Schmerzempfindung umgesetzter Teil durch; denn der Glazialkörper hat die zwei Eigenschaften der Durchsichtigkeit und der Dichte (der *diaphanitas* und der *spissitudo*) [2].

Wie schon oben dargelegt wurde, gehen die Strahlen alle nach dem Augenmittelpunkt und vereinigen sich in diesem. Hierdurch käme zum *nervus opticus* ein Bild, das eine Umkehrung des Gegenstandes darstellte. Die Seiten des Bildes wären gegen die des Gegenstandes vertauscht, oben und unten erschienen ebenfalls in vertauschten Lagen. Die Erfahrung lehrt uns jedoch, daß ein solcher Vorgang nicht stattfindet; denn wir nehmen die Objekte so wahr, wie sie sind (*secundum suum esse* II, 6). Auch hierfür sucht Alhazen eine Erklärung zu geben, die freilich wieder in sein falsches Schema hineingezwängt ist.

Gingen die Strahlen der Sehpyramide, meint Alhazen, durch den Mittelpunkt des Auges, so würde die Form zuletzt im Zentrum auf einen Punkt sich reduzieren [3]. Zur *gyratio nervi optici* könnte in diesem Falle keine Wahrnehmung der Form des Gegen-

[1] I, 26. [2] I, 4, 25. [3] II, 5, 6.

standes gelangen, sondern es würden höchstens die Helligkeitsintensitäten dort ihre Wirksamkeit ausüben können. Um zu erklären, wie das *ultimum sentiens* eine Form des Objektes gemäß dessen Lage und Stellung im Raum wahrnehme, ist Alhazen zu der Annahme gezwungen, daß die Lichtstrahlen beim Übergang von der Kristallinse zum Glaskörper eine Brechung erfahren. Diese Möglichkeit bietet sich dann dar, wenn der Mittelpunkt des *corpus vitreum* nicht mit dem des *bulbus* und seiner einzelnen Gewebe und dazwischen gelegenen Kammern identisch ist. Der arabische Gelehrte legt der vorderen Begrenzungsfläche des Glaskörpers eine geringere Krümmung bei; der Radius dieser Kugelfläche ist also bedeutend größer als der der vorderen Linsenfläche [1]. Nach der Beschreibung Alhazens hat die Linse also konvex-konkave Gestalt. (Die wirkliche Gestalt der Linse ist eine andere; sie ist ein Körper, dessen vordere Begrenzungsfläche elliptisch ist, während die hintere, viel stärker gekrümmte, parabolische Gestalt hat.) Durch die verschiedene Größe der Kugelflächen ist eine Brechung ermöglicht und damit das Zusammenfallen der Strahlen in einem Punkte beseitigt. Diese Brechung ihrerseits läßt Alhazens apriorische Konstruktion bedingt sein durch die Verschiedenheit der Dichte von Linse und Glaskörper [2]; denn bei gleichem Brechungsexponenten und verschieden gekrümmten Flächen käme immer noch keine Brechung zustande. (Im Gegensatz zu dieser Annahme Alhazens haben die neueren Untersuchungen ergeben, daß die Brechungsindices wesentlich gleich sind.) Da die Linse und der Glaskörper verschiedene Eigenschaften besitzen, indem beide das Licht verschieden aufnehmen, so ist dadurch eine Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem ursprünglichen Wege gefordert. Die Kristallinse nämlich hat die Eigenschaft, die Lichtwirkung in eine Schmerzempfindung umzusetzen; Aufgabe des Glaskörpers dagegen ist es, einerseits den Schmerzreiz zu dem Nerv zu leiten, andererseits die sich ausbreitende Form nicht in einen Punkt zusammenrücken zu lassen, sondern mittelst der Brechung eine immer noch merkliche Größe derselben zu bewahren, und in dem Abbild die wechselseitige Lagenbeziehung der Teile eines gesehenen Gegenstandes oder der Objekte des

[1] I, 10. [2] II, 2, 5.

Gesichtsfeldes zu erhalten[1]. Da nach Alhazens Theorie beim Übergang vom Glaskörper zum *spiritus sensibilis* keine Brechung eintreten darf[2], muß er noch die Annahme machen, daß der Brechungsindex dieses *spiritus visibilis* gleich dem des *corpus vitreum* ist[3]. So geht auch hier Alhazen nicht von einer empirischen Untersuchung des Wirklichen aus, sondern gibt uns eine Konstruktion der anatomischen Verhältnisse aus den Voraussetzungen seiner Theorie heraus.

Die Fähigkeit des Auges, den Stand der Linse durch einen unbewußten Vorgang zu verändern (das Akkommodationsvermögen) kennt Alhazen nicht. Seine Theorie hat diese Eigenschaft des Auges zur Erklärung der Sehvorgänge gar nicht nötig. Denn sie benutzt den *humor crystallinus* als lichtwahrnehmenden Körper; die Eigenschaft der Linse, auf der Retina ein reelles, umgekehrtes Bild zu erzeugen, ist bei der angegebenen Theorie ganz überflüssig. Daß durch die Gestaltsänderung der Linse ein scharfes Bild auf der Netzhaut erzeugt werden kann, in welcher Entfernung sich das Objekt auch befinde, und daß erst dadurch der Gegenstand deutlich erfaßt wird, weiß Alhazen nicht. Dagegen ist ihm, wie bereits oben hervorgehoben, bekannt, daß beim Anblick mancher Gegenstände ferne Objekte undeutlich erscheinen und umgekehrt. Zur Erklärung dieser Tatsache führt er allein den Umstand an, daß die optischen Achsen sich auf den undeutlich gesehenen Objekten nicht schneiden. Sobald sie sich aber auf einem Objekt des Gesichtsfeldes schneiden, wird dieser von uns deutlich wahrgenommen. Es ist allgemein bekannt, daß zu dieser Bedingung noch die Veränderung der Linsendicke hinzukommen muß.

b) Formen.

Die Lichtstrahlen, die ins Auge gelangen, sind nicht regellos durcheinander gestreut, sondern haben eine bestimmte Ordnung.

[1] II, 6.

[2] Posterior pars (sc. glacialis), quae est humor vitreus, et virtus recipiens, quae est in illo corpore, non est appropriata cum suo sensu istarum formarum, nisi ad custodiendum eorum ordinationem tantum (II, 4).

[3] Diaphanitas corporis sentientis, quod est in concavo nervi, est diaphanitas similis diaphanitati humoris vitrei, ut non refringantur formae apud perventum earum ad ultimam superficiem vitrei, vicinantem concavo nervi (II, 6).

Zugleich mit dem Lichteindruck nehmen wir auch die „Form“ der Körper in unsere Sinne auf[1]. Alhazen stützt seine Aussage auf eine Erfahrung, die jeder nachmachen kann. Wenn wir nämlich einen durch Sonnenlicht oder Feuerschein hell erleuchteten Körper ansehen und unseren Blick eine Weile darauf ruhen lassen, so werden wir das Abbild, die „Form“ des Körpers, auf einem dunkeln Schirm zu bemerken glauben, auf den wir unseren Blick richten. Selbst wenn wir das Auge schließen, gewahren wir noch die Form des Körpers der Außenwelt[2].

Die Formen breiten sich vom Gegenstand zum Auge aus; sie bewahren dabei immer denselben Gesichtswinkel, bleiben stets innerhalb des Kegels, dessen Scheitel der Mittelpunkt des Auges und dessen Basis die Oberfläche des Körpers ist. Daher ist es klar, daß die Form immer kleiner werden muß, jedoch die Ähnlichkeit ihrer Teile bewahrt bleibt. Die Form geht durch die durchsichtigen Teile des Auges bis zum *humor glacialis*; von hier aus behält sie infolge der Brechung im wesentlichen ihre Größe bei und wird so mittelst des Sehpneumas zum Zentralsitz der Empfindung geleitet.

Witelo und Roger Bacon — dieser hauptsächlich in seiner Schrift *De multiplicatione specierum* — haben die Konstruktion der Formen von Alhazen übernommen. Keiner dieser drei faßt es so auf, als ob sich materielle Teilchen von dem Objekte loslösen und in das Gesichtsorgan einströmen. Die Kraft, welche die Übermittlung der Formen vom Gegenstand zum Auge bewirkt, bestimmt Alhazen nicht näher. Witelo, der die Lücke in Alhazens Theorie auszufüllen sucht, denkt sich die Ausbreitung als dynamischen Prozeß; die Ursache ist eine „Naturkraft“, ein Gedanke, der uns hinein in die Gedankenwelt des Neuplatonismus führt, dem ja Witelo huldigt[3].

[1] I, 1; 25.

[2] Invenimus, quando inspiciens inspexerit corpus mundum album, super quod oriebatur lux diei, et fuerit illa lux fortis, quamvis non sit lux solis, et moretur in aspectu diu, deinde convertat visum ad locum obscurum, inveniet formam lucis illius in loco illo, et inveniet hoc figuram eius; inveniet in ipso formam illius lucis (I, 1).

[3] cf. Baeumker, *Witelo*, S. 645 ff.

Licht und Farbe gelangen also längs der Strahlen, die den angegebenen Brechungen unterliegen, zu dem in den Nerven fließenden Sehpneuma, das die Verbindung herstellt zwischen dem *humor glacialis,* dem „Transformator des Lichts", und dem *ultimum sentiens,* dem „Analysator des Eindrucks". Die Frage, wie der Zentralsinn zur Wahrnehmung von Licht und Farbe gelangt, läßt Alhazen nicht unbeantwortet. In dem Nervenkanal bezw. dem Chiasma mischen sich Licht und Farbe mit dem Sehpneuma; so nimmt die *virtus sensitiva* das Licht infolge der Erhellung *(ex illuminatione)* und die Farbe infolge der Färbung *(ex coloratione)* des in dem *concavum nervi* befindlichen *spiritus sensibilis* wahr[1]. Diese Annahme ergibt für Alhazen zugleich den Erklärungsgrund für die Entstehung der oben schon berührten positiven Nachbilder. Denn die Färbung und Beleuchtung des Sehpneumas wird noch anhalten, wenn die Einwirkung bereits aufgehört hat. Blicken wir auf ein hellweißes Tuch, so werden wir auf diesem den kurz vorher wahrgenommenen farbigen Gegenstand zu sehen glauben[2].

c) Nativismus.

Jedes Teilchen der Oberfläche des *humor glacialis,* das durch Licht einen Reiz erfährt, leitet diesen unabhängig von den anderen Stellen zum Gehirn[3]. Jedes Partikelchen übermittelt seine ihm eigentümliche Empfindung, die von der seiner Nachbarteilchen verschieden ist; nur dadurch kommt uns das Objekt der Wahrnehmung *secundum suum esse* zu Bewußtsein. Weil jeder Punkt des Gesichtsfeldes eine bestimmte und nur eine Stelle der Linse afficiert, und dieser Reiz auf besonderer Bahn geleitet wird, so ist die Ordnung der Gesichtsempfindungen dieselbe wie die der gereizten Stellen der Linsenoberfläche. Hierin ist erst die Erklärung gegeben, daß in unserm Gesichtsfelde die Gegenstände so geordnet erscheinen, wie sie im Raum in Wirklichkeit aneinander reihen[4].

[1] II, 6.

[2] Die negativen Nachbilder sind ihm noch völlig unbekannt.

[3] II, 6.

[4] Forma perveniens ad quodlibet punctum superficiei glacialis semper extenditur super eandem verticationem ad idem punctum loci nervi communis (III, 6).

Jedes Teilchen des Nerven leitet, wie bereits erwähnt, den erhaltenen Reiz zum *nervus communis*, wo die Reize der beiden Augen verschmelzen. Der Lichteindruck kommt zum *ultimum sentiens*; auch hier hat jedes einzelne Teilchen seine eigene Auffassungskraft. Erst dadurch, daß jedes Teilchen seine eigentümliche „Färbung" hat, ist es möglich, daß nicht ein Durcheinander der Empfindungen entsteht, sondern ein geordnetes Bild der Außenwelt in uns entsteht[1]. Modern gesprochen, sucht Alhazen auf diese Weise zu erklären, wie die Lokalisierung der Dinge eine Funktion der getroffenen Stelle des Reize aufnehmenden Apparates sein kann. Der arabische Gelehrte gibt uns auch Aufschluß über die Vorgänge in uns, mittelst derer die Farben uns zu Bewußtsein kommen. Wenn die Farbe auf das Auge auffällt, so bewirkt sie eine Veränderung des *membrum sentiens*, es tritt eine Trübung (*obscuritas* II, 19) des Glazialkörpers ein. Diese „Trübung" ist wohl eher, wie er es an einer anderen Stelle (II, 16) ausdrückt, als „Färbung" des Körpers aufzufassen; diese Färbung trifft auch den *spiritus visibilis*. Bei einer einheitlichen Färbung des Gegenstandes der Wahrnehmung ist die Trübung des Sehpneumas eine einheitliche; wenn jedoch mehrfarbige Teile im Gesichtsfeld sich vorfinden, so tritt eine verschiedene Färbung des *spiritus visibilis* ein[2]. Da hier jede Stelle ihren Reiz gesondert zum Gehirn leitet, so wird bei verschiedener Färbung des Sehpneumas keine Vermischung der Farbe der Nachbarteilchen eintreten können, und das Bild wird in seiner wahren Beschaffenheit zum *ultimum sentiens* geleitet. Nur unter der Annahme, daß jeder gereizte Punkt des Glaskörpers seine Anregung auf eigener Bahn zum Gehirn leitet, ist es erklärlich, daß wir einen Körper in seiner wirklichen Färbung wahrnehmen können.

[1] Virtus sensitiva sentit locum membri sentientis, in quem pervenit forma, quoniam non sentit formam, nisi ex loco, in quem pervenit forma. Et declaratum est, quod a quolibet puncto superficiei glacialis extenditur forma secundum unam verticationem continuam, cum eo, quod est in eadem obliquatione et incurvatione, quousque perveniat ad unum punctum loci, in quem pervenit forma in concavo nervi communis (II, 16).

[2] Si res visa habuerit unum colorem, erit illa pars corporis sentientis unius coloris, et si partes rei visae fuerint diversi coloris, erunt partes illius corporis [partis] sentientis, quod est in concavo nervi communis, diversi coloris (II, 16).

Auf diese Weise erzeugt ein selbstleuchtender oder beleuchteter Gegenstand eine Wahrnehmung im *ultimum sentiens*. Jedoch erfolgt die Wahrnehmung des Objektes nicht zu derselben Zeit, in der das Licht auf die Linse fällt. Der Reiz breitet sich im Nerven mit einer endlichen Geschwindigkeit aus. Alhazen weiß, daß eine Zeit verstreicht zwischen dem Erscheinen und der Einwirkung des Reizes und seiner Apperzeption[1]. Eine genaue Angabe der Zeitdifferenz war zu seiner Zeit gemäß des niederen Standes der Technik nicht möglich. Erst die letzten Jahrzehnte haben uns die Methoden und Mittel gezeigt, die es uns ermöglichen, die Leitungszeiten zu bestimmen.

d) Binokulares Sehen.

Bei der binokularen Wahrnehmung entstehen zwei Bilder, in jedem Auge eines; jedoch nehmen wir im allgemeinen nur ein Bild wahr[2]. Daß beim Ansehen eines Gegenstandes in jedem Auge in Wirklichkeit je ein Bild erzeugt wird, läßt sich, wie Alhazen weiß, experimentell nachweisen. Bringen wir die Augen in eine solche Lage, daß die beiden Augenachsen sich nicht schneiden, sondern windschief zueinander sind, so rufen die entstehenden Doppelbilder auch eine Doppelwahrnehmung des Gegenstandes hervor. Die Mittelpunkte der beiden Linsenoberflächen nämlich sind einander zugeordnet; ihre Sehlinie ist die Achse des zum Auge führenden Nervenzylinders. Die beiden Zylinder verschmelzen zu einem Nerven, zum *nervus communis*, wobei sich die beiden Achsen der *nervi optici* zur Achse des gemeinsamen Nerven vereinigen. Eine ähnliche Vereinigung tritt ein für alle Fasern, die in den beiden Nerven dieselbe ähnliche Lage zur Achse haben. Wenn dagegen das eine Auge zu dem anderen in einer ungewöhnlichen Lage sich befindet (z. B. beim Schielen), so werden zwei nicht einander zugeordnete, zwei nicht „konjugierte" Stellen der beiden Linsen getroffen. Die entstehenden Eindrücke werden unabhängig voneinander zum Gehirn geleitet. Haben jedoch die beiden Augen ihre gewöhnliche Lage, schneiden sich die Augenachsen auf dem fixierten Gegenstande, so werden

[1] II, 21. [2] I, 27; II, 9.

einander entsprechende Oberflächenteile des *humor crystallinus* vom Reiz getroffen. Die entsprechenden Bilder werden sich nicht unabhängig voneinander zum Gehirn ausbreiten, sondern in *nervus communis* gehen die zwei entsprechenden Strahlen (Nervenfasern könnte man zum besseren Verständnis sagen) in einen über. Die beiden Bilder vereinigen sich, lagern sich übereinander und werden von der Verschmelzungsstelle der Nerven aus als einheitliches Bild zum *ultimum sentiens* geleitet. Dies sind die Gründe und die Bedingungen dafür, daß wir mit zwei Augen nur einfach sehen.

e) Deutliches Sehen.

Alhazen hat uns klar gemacht, daß wir mit beiden Augen zwei verschiedene Bilder wahrnehmen; er hat auch gezeigt, wie es zustande kommt, daß wir nur ein Bild in den Bewußtseinssitz, das *ultimum sentiens*, aufnehmen, nämlich dadurch, daß die beiden Reize verschmelzen. Die klare und deutliche Wahrnehmung[1] eines Gegenstandes entsteht nur dann, wenn sich die beiden Augenachsen auf diesem Körper schneiden. Es tritt in diesem Falle die innigste Verschmelzung ein, wenn außerdem noch der Schnittpunkt der beiden Achsen symmetrisch zu beiden Augen gelegen ist, wenn er auf der Mittelsenkrechten der Zentralen der beiden Gesichtsorgane (*axis communis* III, 8) sich befindet. Der Gegenstand, der die angegebene Lage hat, wird am besten aufgefaßt, am deutlichsten wahrgenommen. Daß der Schnittpunkt der beiden Achsen und seine engere Umgebung nur einen geringen Teil eines Körpers ausmachen können, gibt dem mittelalterlichen Forscher dazu Anlaß, auch über die optischen Strahlen zu sprechen, die seitlich ins Auge gelangen, über die sog. Randstrahlen.

Die Tatsache, die wir als die geringe Deutlichkeit des peripheren Sehens bezeichnen, ist ihm bekannt[2]. Er sucht auch eine Erklärung für dieselbe zu geben, die freilich, da ihm die realen Verhältnisse des Netzhautbildes nicht bekannt sind, mangelhaft genug ausfallen muß. Sind nämlich die Strahlen nicht weit von der *axis communis* entfernt, so entstehen — dies ist die Ansicht

[1] II, 8; III, 2—11. [2] III, 14, 15.

Alhazens — wie die konstruktive Darstellung zeigt, zwei Bilder, die aber nur um ein geringes verschieden sind[1] und einheitlich in einem deutlichen Gesamtbild in uns zu Bewußtsein kommen. Wenn dagegen ein großer Körper unser Blickfeld einnimmt, so wird nur der in der Nähe der *axis communis* gelegene Teil deutlich in die Sinne aufgenommen, während die Bruchstücke, die weiter von der Achse entfernt sind, in uns nicht mehr verschmelzen und kein einheitliches Bild in uns erwecken.

Diese Tatsache läßt sich am klarsten feststellen, wenn wir nicht einen einheitlich gefärbten Körper vor Augen sehen, sondern einen solchen, bei dem die Farben in wechselnder Reihe aufeinander folgen[2]. In diesem Falle werden nur in der Umgebung des Schnittpunktes der drei Achsen die Farben deutlich unterschieden, während sie in den übrigen Teilen verschwimmen. Da nun Alhazen die eigentlichen Bedingungen dieser Erscheinung — insbesondere die partielle und totale Farbenblindheit der peripheren Netzhautzonen — gänzlich unbekannt sind, so muß er sich mit unzureichenden Gründen durchhelfen. Die Randstrahlen sollen schon an sich nicht dieselbe Wirkung auf unser Gesichtsorgan ausüben, wie die Zentralstrahlen, was natürlich keine Erklärung, sondern nur eine Umschreibung des Phänomens ist. Besser schon, wenngleich nicht hinreichend, ist es, wenn er darauf hinweist, daß ein in größerer Entfernung von der *axis communis* gelegener Punkt des Gesichtsobjektes zwei nicht konjugierte Stellen des *humor crystallinus* bzw. des *nervus opticus* reizt, und diese beiden Reize also im *nervus communis* nicht zu einem einzigen sich superponieren können. Hätte Alhazen statt des Kristallkörpers die Netzhaut gesetzt, so würde er wenigstens eine der Bedingungen im ganzen richtig getroffen haben.

Wenn wir einen Körper einheitlich wahrnehmen sollen, so ist die Grundbedingung die, daß die Augenachsen sich schneiden, und daß die beiden auf dem Glazialkörper entstehenden Bilder ähnlich sind. Die erste Bedingung ist wohl immer erfüllt, die zweite in gewissen Fällen nicht[3]. Befindet sich ein stabförmiger Körper

[1] Cum visum fuerit extra communem axem, et remotio non fuerit maxima: tunc suae duae formae, quae infinguntur in duobus visibus, non maxime differunt (III, 10). [2] III, 16. [3] III, 12, 13.

in geringer Entfernung vom Auge in einer solchen Lage, daß seine Achse verlängert senkrecht auf dem einen Auge steht, so ist die Lage dieses Körpers bezüglich der beiden Augen keine ähnliche. Alhazen weist mittelst dieses Experimentes nach, daß wir Linien und linienförmige Körper, welche bezüglich der beiden Augen eine wesentlich verschiedene Lage haben, doppelt wahrnehmen, daß wir dagegen alles, was parallel zur Zentralen der beiden Augen in gleicher Entfernung von diesen aufgestellt ist, einheitlich apperzipieren.

f) Koordination der Augenbewegung.

Zur deutlichen Wahrnehmung eines Körpers müssen sich die beiden Augenachsen auf diesem Gegenstand schneiden. Die hierzu nötige Koordination der Bewegungen beider Augen stellt sich, wie bereits Alhazen weiß, reflektorisch ein[1]. Wenn sich das eine Auge auf ein Objekt richtet, so nimmt das andere sofort ganz unwillkürlich, unabhängig von unserem Willen, eine solche Stellung ein, daß es diesen Gegenstand ebenfalls wahrnimmt. Es läßt sich durch unseren Wunsch und Vorsatz nicht erreichen, daß das eine Auge der Bewegung des anderen nicht folgt[2], sondern nur durch ein mechanisches Hemmnis können wir das eine Auge davon abhalten, die Bewegung des anderen mitzumachen.

g) Bedingungen für die optische Wahrnehmung[3].

Die physiologischen Vorgänge beim Sehen hat Alhazen klarzulegen, das binokulare Sehen zu erklären versucht. Jedoch genügen die Vorgänge und Veränderungen im Auge und in Sehnerven nicht zur Wahrnehmung eines Gesichtsobjektes. Da diese Gegenstände beim Schließen des Auges verschwinden, so gelangen wir zu der Überzeugung, daß die Körper außer uns liegen.

---

[1] III, 2.

[2] Et si alter visus fuerit motus ad videndum, statim reliquus movebitur ad illud visum illo eodem motu, et si alter visus quieverit, reliquus quiescit. Et impossibile est, ut alter visus moveatur ad videndum et reliquus quiescat, nisi impediatur (III, 2).

[3] I, 36—42; III, 18.

Alhazen untersucht daher die Bedingungen, welche im Außenraum erfüllt sein müssen, damit wir eine optische Wahrnehmung machen können. Zu diesen objektiven Bedingungen treten dann noch weiter solche, die sich auf die Funktion des Organes selbst beziehen. Alhazen zählt auf diese Weise im ganzen acht Bedingungen der optischen Wahrnehmung auf.

1. Der Gegenstand muß selbstleuchtend oder beleuchtet sein[1], um gesehen zu werden; erscheint der Körper im Dunkeln, so kann er nicht wahrgenomman werden. Nur Objekte, von denen Licht ausgeht, können wir durch den Gesichtsinn erfassen.

2. Ein selbstleuchtender Körper darf dem Auge nicht zu nahe sein. Selbstleuchtende Körper, wie das Feuer und die Sterne dürfen nicht in sehr große Nähe des Auges[2] gebracht werden wegen der Schädigung, die dadurch dem Auge und den umgebenden Körperteilen verursacht würde. Bei einem nicht selbstleuchtenden Körper, der nur in reflektiertem Licht wahrgenommen werden kann, liegt zwar diese Schädigung nicht vor, aber sobald ein solcher in sehr geringe Entfernung zum Auge bzw. Kopfe gebracht wird, kann kein Licht mehr auf die dem Auge zugewandte Fläche auffallen und deshalb keines ins Gesichtsorgan zurückgeworfen werden. Darum kann auch der nicht leuchtende Körper in unmittelbarer Nähe des Auges nicht wahrgenommen werden.

Wird ein Objekt in kleinerem Abstand vom Auge erblickt, so wird nie der ganze Gegenstand wahrgenommen werden können, sondern nur Teile derselben. Zum vollständigen Erfassen des Körpers muß der Beobachter entweder den Gegenstand vor dem Auge verschieben oder den Blick über ihn hingleiten lassen. Eine Vergrößerung der Distanz zwischen Auge und Objekt dient demselben Zweck. Damit ein Gesichtsobjekt vollständig wahrgenommen werden kann, ist eine bestimmte Größe der Entfernung desselben vom Auge *(aliqua distantia* I, 37*)* eine wesentliche Bedingung.

3. Nur Gegenstände, die vor unseren Augen[3] liegen, können gesehen werden. Hierin unterscheidet sich das Gesicht vom Gehör; denn nur wenn ein Objekt so gelegen ist, daß ein Strahl

[1] I, 39. [2] I, 37. [3] I, 38.

von ihm zum Auge gelangen kann und auf dieses senkrecht inzidiert, ist es möglich, daß wir einen Körper erblicken. — Liegt zwischen dem Körper und dem Organ des Gesichtsinnes ein Gegenstand, der den Strahl nicht durchgehen läßt, so werden wir einen Teil des ersteren nicht wahrnehmen. Weil ein bestimmter Winkelraum der Sehpyramide durch den undurchdringlichen Körper erfüllt ist, kann kein anderes Objekt in demselben Raum erblickt werden.

4. Ist jedoch das Objekt, das zwischen dem Auge und dem Wahrnehmungsgegenstande liegt, lichtdurchlässig, so wird innerhalb desselben Winkelraumes noch ein zweiter Körper erblickt. Damit er in seiner wahren Gestalt erfaßt wird, ist eine gleichmäßige Dichte des durchsichtigen, vielleicht inhomogenen Mediums nötig[1]. Besteht dieses aus mehreren, hintereinander angeordneten Schichten, die sämtlich von parallelen ebenen Flächen begrenzt werden, so ist diese Forderung erfüllt. Ist das durchsichtige Mittel aus mehreren nebeneinander gereihten Mitteln zusammengesetzt, so ist deren Dicke einzeln so zu bestimmen, daß sie eine gleiche Verschiebung des Lichtes erzeugen. Die *consimilis diaphanitas* des Mediums ist eine der wichtigsten Bedingungen dafür, daß der Körper in seiner wahren Beschaffenheit erblickt wird; ist diese Bedingung nicht erfüllt, so tritt eine Gestaltsänderung des Objektes ein.

5. Damit ein Körper wahrgenommen werden kann, muß er selbst eine gewisse Dichte besitzen[2]; denn nur solche Objekte können gefärbt erscheinen. Ein Gegenstand ohne größere optische Dichte muß farblos erscheinen; solche Körper aber können von uns nicht gesehen werden. Besitzt der gesehene Körper eine Durchsichtigkeit ähnlich der der Luft, so wird er sich von der durchsichtigen Luft nicht unterscheiden lassen.

6. Als sechste Bedingung für die Sichtbarkeit eines Objektes ergibt sich die Forderung, daß dieses eine gewisse Größe[3] besitzen muß. Denn es breitet sich die Form eines Gegenstandes in einer Pyramide aus, deren Scheitel der Mittelpunkt des Auges und deren Basis der gesehene Körper ist. Für die Entstehung

[1] I, 11. [2] I, 42. [3] I, 40.

der Wahrnehmung ist es von Bedeutung, welche Größe der Schnitt dieser Pyramide mit der Linsenoberfläche besitzt. Bei einem kleinen Objekt wird die Größe der Schnittfläche verschwindend klein sein und darum in keinem merklichen Verhältnis zur Oberfläche des Kristallkörpers stehen. Es wird daher der Eindruck vorherrschen, welchen die übrigen Teile des Kristallkörpers erhalten, und es wird deshalb die Reizung jenes Teiles nicht zu Bewußtsein kommen [1].

7. Ein Körper, der nur sehr kurze Zeit uns vor den Augen erscheint, wird von uns nicht wahrgenommen werden. Damit wir einen Gegenstand deutlich sehen können, muß er uns eine, wenn auch kleine, Zeit [2] hindurch erscheinen. Wenn z. B. ein Objekt, das wir durch eine kleine Öffnung hindurch erblicken, sich hinter dieser schnell vorbeibewegt, so haben wir dieses nur sehr geringe Zeit im Blickfeld und werden es aus diesem Grunde nicht perzipieren.

8. Daß natürlich auch die Gesundheit des Auges und seiner Teile eine wesentliche Bedingung für die optische Wahrnehmung ist, ist klar [3]. Alhazen hat diese Bedingung des öftern als eine der wichtigsten erwähnt; bei der Aufzählung sämtlicher Voraussetzungen (III, 18) nennt er sie an letzter Stelle.

Die acht Bedingungen, unter denen die optische Wahrnehmung von Gegenständen geschehen kann, sind also in kurzer Zusammenfassung folgende:

Das Objekt kann nur bei einer gewissen Lichtstärke *(lux)* bei einiger Entfernung von den Augen *(longitudo)* im Sehfeld *(situs)* wahrgenommen werden. Ein Körper, der eine bestimmte Größe *(magnitudo)* und Dichte *(soliditas)* in sich vereinigt, kommt uns nur dann zur deutlichen Wahrnehmung, wenn er nicht nur ganz geringe Zeit *(tempus)* uns erscheint. Damit wir einen Gegenstand in seiner richtigen Beschaffenheit wahrnehmen, ist eine gleichmäßige Dichte *(raritas aëris)* für das Medium zwischen dem Objekt und dem — unversehrten *(sanitas visus)* — Auge erforderlich.

---

[1] Erit ergo pars distincta ex membro sentiente quasi punctum valde parva; sed sentiens non sentit formam, nisi pars suae superficiei, ad quam pervenit forma, fuerit quantitatis sensibilis respectu totius apud totum membrum (I, 40). [2] III, 18. [3] Ebd.

Wenn eine dieser genannten acht Bedingungen nicht erfüllt ist, so ist ein Sehen des Objektes, ein Wahrnehmen des Gegenstandes mittelst des Gesichtsorgans, unmöglich. Sind diese Forderungen sämtlich erfüllt, so ist damit das Erfassen des Dinges möglich, jedoch ist damit noch nicht die deutliche Wahrnehmung verknüpft. Die Zone des deutlichen Sehens ist, wie früher bemerkt wurde, ein Kegel, dessen Achse mit der optischen Achse zusammenfällt [1]. Nur die Teile des Gesichtsfeldes, die in der engeren Umgebung der Sehachse liegen, können daher klar erfaßt werden. Denn nur bei den der Achse benachbarten Strahlen ist die Ablenkung, welche sie durch die Brechung an der Linsenoberfläche erleiden, eine geringe. Somit wird nur bei diesen Strahlen das auf der Linse entstehende und durch den *spiritus sensibilis* zum Gehirn übermittelte Bild eine Ähnlichkeit mit dem Gegenstande der Außenwelt haben. Die Strahlen dagegen, die am Rande der Pupille durchgehen, erleiden wegen ihres schrägen Einfalls eine größere Ablenkung durch die Brechung. Daher tritt in diesem Falle eine merkliche Änderung der Ähnlichkeit *(aliqua alteratio formarum)* ein [2]. Die Deutlichkeit eines Körpers, den wir im peripheren Sehen wahrnehmen, wird eine bedeutend schlechtere sein, als die eines solchen, den wir im zentralen Sehen erfassen.

Der Grund, den Alhazen zur Erklärung des Unterschiedes zwischen zentralem und peripherem Sehen anführt, ist — mutatis mutandis — zutreffend, aber er ist nur einer der Gründe. Den wichtigsten, die Verschiedenheit der Netzhaut in ihrem mittleren und äußeren Teile, kannte der mittelalterliche Forscher, wie schon bemerkt wurde, noch nicht. Die Retina ist bei ihm überhaupt kein zum Sehen nötiger Teil des Auges. Wenn er aber auch die Funktion der Netzhaut bei dem Entstehen der Gesichtswahrnehmung gekannt hätte, so würde er doch daraus den Unterschied der Deutlichkeit beim zentralen und peripheren Sehen nicht haben erklären können, da ihm jede Einsicht in den diesen verursachenden feineren Bau der Netzhaut fehlt.

[1] II, 8. [2] II, 9. Vgl. oben S. 16 ff.

3. Psychologie der Sinneswahrnehmung.

Alhazens Werk gibt keine vollständige Psychologie, sondern nur eine Theorie der Gesichtswahrnehmung und auch diese nicht in systematischer Ordnung. Aber diese Theorie der Gesichtswahrnehmung bietet uns einen Durchschnitt fast durch die gesamte Psychologie des Erkennens, ähnlich etwa wie — freilich in unvergleichlich vollkommener Weise — Stumpfs Tonpsychologie den Weg durch den Gesamtkomplex psychischer Vorgänge nimmt.

Die antike und mittelalterliche Psychologie ist Vermögenspsychologie. Aber die Vermögen, sagt Aristoteles[1], werden durch ihre Tätigkeiten und die Tätigkeiten ihrerseits wieder durch ihre Objekte abgegrenzt. So entwickelt auch Alhazen seine Psychologie der Gesichtswahrnehmung an der Hand einer solchen Aufzählung von Objekten. Es sind ihrer zweiundzwanzig an der Zahl[2]. Folgendes ist die Tafel derselben:

1. Licht *(lux)*.
2. Farbe *(color)*.
3. Entfernung *(remotio)*.
4. Lage *(situs)*.
5. Körperlichkeit *(corporeitas)*.
6. Gestalt *(figura)*.
7. Größe *(magnitudo)*.
8. Zusammenhang *(continuum)*.
9. Trennung *(discretio et separatio)*.
10. Zahl *(numerus)*.
11. Bewegung *(motus)*.
12. Ruhe *(quies)*.
13. Rauhigkeit *(asperitas)*.
14. Glätte *(lenitas)*.
15. Durchsichtigkeit *(diaphanitas)*.
16. Dichte *(spissitudo)*.
17. Schatten *(umbra)*.
18. Dunkelheit *(obscuritas)*.
19. Schönheit *(pulchritudo)*.

[1] Aristoteles, *De anima* II, 4 p. 415 a 18 - 22. [2] II, 15.

20. Häßlichkeit *(turpitudo)*.
21. Ähnlichkeit *(consimilitudo)*.
22. Verschiedenheit *(diversitas)*.

Wie man sieht, befaßt diese Aufzählung freilich das Verschiedenartigste in sich. Sie schließt Objekte ein, die Aristoteles als spezifische Sinnesobjekte (*αἰσθητὰ ἴδια, sensibilia propria*) bezeichnete, und solche, die bei ihm als gemeinschaftliche Sinnesobjekte (*αἰσθητὰ κοινά, sensibilia communia*) aufgezählt werden, und noch dazu verschiedene andere. In der Tat schließt sich Alhazen insofern an Aristoteles an, als die beiden ersten, Licht und Farbe, die spezifischen Gesichtsempfindungen, eine besondere Klasse bei ihm bilden. Die übrigen zwanzig dagegen mit ihrem bunten Inhalt werden von ihm nicht als gemeinschaftliche Objekte gefaßt, sondern finden ihre Einheit darin, daß sie einen Gegenstand einer besonderen Erkenntniskraft, der *virtus distinctiva,* bilden.

Wir wollen daher im folgenden zunächst über die eigentlichen Gesichtsempfindungen, Licht und Farbe, handeln, dann die *virtus distinctiva* und was sonst mit ihr in Zusammenhang steht, untersuchen, und hierauf die übrigen psychologischen Erscheinungen besprechen, welche die *virtus distinctiva* voraussetzen.

A) Eigentliche Gesichtsempfindungen.

a) Licht [1].

Das Licht geht von den Körpern aus, die es entweder emittieren oder nur reflektieren. Jedoch genügt es nicht, daß ein Körper Licht aussendet, um gesehen zu werden; denn wie Alhazen als Beispiel anführt, leuchten doch die Sterne auch während des Tages, werden aber trotzdem nicht wahrgenommen.

Auf die Frage nach dem Grunde, weshalb wir die Sterne beim Schein der Sonne nicht sehen, antwortet Alhazen ganz richtig, daß wir die Himmelskörper deshalb nicht wahrnehmen,

[1] II, 17, 18.

weil eine größere Helligkeit vorhanden ist, weil, wie er sich ausdrückt, die Luft zwischen unserm Auge und den Sternen erleuchtet ist[1]. Damit ein Licht gesehen wird, muß es gegen seine Umgebung abstechen, sich davon abheben. Wenn es dunkler ist oder in gleicher Helle, wie die in seiner Umgebung herrschende Lichtstärke, so ist es nicht möglich, dasselbe wahrzunehmen; so lehrt uns ja das Beispiel der im Sonnenlicht verschwindenden Sterne. — Alhazen gibt noch mehrere Beispiele für dieses Vorkommnis, die er ganz auf seine eigene Beobachtung gründet (I, 2).

Auch eine Erklärung für diese Tatsache versucht der arabische Forscher[2]. Drei Gründe gibt er dafür an:

1. Die unter gewöhnlichen Umständen sichtbaren Gegenstände werden nicht wahrgenommen, weil die Einwirkung auf den *humor glacialis* zeitlich zugleich und örtlich neben dem Einfluß der hellen Umgebung zustande kommt. Es entsteht so ein Wettstreit um die Herrschaft, ein Kampf der beiden Lichtstärken, die uns zu Bewußtsein kommen sollen. Hierbei behält der Stärkere, d. h. die intensivere Helligkeit, die Oberhand[3].

2. Wenn ein Strahl von einem Gegenstande, der in der näheren Umgebung eines helleuchtenden Körpers sich befindet, zum Beobachter hingeht, so wird in derselben Richtung auch ein Strahl von dem das Licht emittierenden Objekt zum Auge gelangen. Da der Gesichtsinn bzw. die *virtus distinctiva* nicht imstande ist, die beiden Strahlen zu trennen, so wird eben nur der vorherrschende wahrgenommen. Es kommt uns nur das Licht des selbstleuchtenden Körpers zum Bewußtsein, während der in seiner Nähe befindliche, nicht so helle Gegenstand unseren Sinnen entgeht[4].

3. Wenn der leuchtende Körper beseitigt wird, so wird der vorher nicht bemerkte Gegenstand gesehen. Alhazen schließt

[1] Cum ... aër fuerit obscurus, nos videmus stellas; cum autem illuminatus fuerit aër medius inter visum nostrum et stellas, latebunt nos stellae (I, 2).

[2] I, 32.

[3] Lux fortis non prohibebit visum a comprehensione visibilium lucis debilis nisi ... propter victoriam formarum lucis fortis super formas lucis debilis (I, 32).

[4] Lux fortis non prohibet visum a comprehensione visibilium lucis debilis nisi propter admixtationem formae lucis debilis cum formis earum (sc. lucium fortium) (I, 32).

daraus, daß das Auge nicht imstande ist, die Wirkung des schwächeren Lichtreizes neben dem stärkeren zu perzipieren [1].

So sehen wir, wie schon Alhazen die Gründe klarzulegen sucht, weshalb der Schwellenwert nicht eine konstante Größe ist, sondern mit der Größe des bereits vorhandenen Reizes wächst. Die drei Gründe, die er dafür angibt, fallen im wesentlichen zusammen.

b) Dunkeladaption.

Alhazen hat eine richtige Anschauung davon, wie wichtig für die Wahrnehmung von Objekten die Stärke des auffallenden Lichtes ist [2]. Wenn die Beleuchtungsstärke, bei welcher das Auge die Farbe wahrnehmen soll, eine geringe ist, so tritt nicht sofort die Wahrnehmung ein, sondern erst nach einem längeren Anblicke des Objektes. Bei schwachem Licht, so deutet dies Alhazen, kommt nämlich die Veränderung des Glazialkörpers nicht sofort zustande, wie dies bei hellem Licht geschieht, sondern erst allmählich. Der kurze, einmalige Reiz, ist seine Meinung, genügt nicht, um den Körper, von welchem der Reiz ausgeht, in uns zu bewußter Wahrnehmung zu bringen; erst durch die Summation der zeitlich hintereinander wirkenden geringen Antriebe könne der Reiz merklich werden oder, wie wir sagen würden, den Schwellenwert überschreiten.

Alhazen sucht also die Dunkeladaption des Auges dadurch zu erklären, daß er die geringen Reize sich summieren läßt [3]; wir könnten deshalb den lichtempfindlichen Teil des Auges mit einer photographischen Platte vergleichen. Bei dieser muß die Belichtungszeit erhöht werden, wenn die Lichtstärke infolge Schwächung der Lichtquelle vermindert wird. Aber hier stellt

[1] Lux fortis non prohibet visum a comprehensione visibilium lucis debilis nisi propter debilitatem sensus ad comprehendendum illud, quod est minimae portionis respectu fortis (I, 32).

[2] I, 2, 3, 31.

[3] Si subito super corpus diversorum colorum fiat visus directio, apparebit color singularis, donec prolongetur inspectionis duratio: luce dico, sub qua comprehenditur corpus, non forti. In luce enim debili non statim immutetur visus secundum quemlibet colorum particularium, quod accideret in luce forti (II, 20).

sich heraus, was hauptsächlich bei astronomischen Aufnahmen hervortritt, daß auch bei noch so langer Expositionsdauer sehr lichtschwache Objekte überhaupt keine photochemische Wirkung ausüben. Ebenso ist es natürlich auch beim Auge der Fall. Es ergibt sich hieraus, daß der Grund, den der mittelalterliche Gelehrte angibt, doch nicht hinreichend ist, die Dunkeladaption des Auges zu erklären. Der Hauptgrund für die Unzulänglichkeit von Alhazens Theorie liegt darin, daß er die physiologischen Vorgänge bei der Dunkeladaption nicht berücksichtigt: auch kennt er die verschiedene Anordnung und Bedeutung der Stäbchen und Zäpfchen auf der Netzhaut nicht. Sein Erklärungsgrund mußte daher unzureichend ausfallen.

Daß der Schwellenwert auch durch die Aufmerksamkeit eine Herabsetzung erfährt, scheint dem arabischen Gelehrten nicht bekannt gewesen zu sein. Erst die Jetztzeit hat den Einfluß der Aufmerksamkeit und ihrer Konzentrierung auf einen Punkt näher bestimmt. Bei schärfster Konzentrierung der Aufmerksamkeit werden sehr geringe Lichtstärken merklich, die sonst der Wahrnehmung sich entziehen. So z. B. war es den Beobachtern im Mai 1910 nur möglich, den Halleyschen Kometen mit seinem sehr langen Schweif mit bloßem Auge wahrzunehmen, wenn sie die ganze Aufmerksamkeit auf die Erscheinung richteten.

c) Farbe.

Nicht nur das Licht wird vom Auge wahrgenommen ohne Hilfe der *virtus distinctiva,* sondern auch die Farbe[1]. Licht und Farbe sind nach der Meinung des Arabers nicht, wie die moderne physikalische Anschauung lehrt, eins, sondern sie stehen nebeneinander. Freilich sollen sie nicht unabhängig voneinander sein. Das Licht kann nicht ohne Farbe wahrgenommen werden; Licht und Farbe kommen nur vereint vor[2]. Der wesentliche Bestandteil ist das Licht; erst mit dessen Hilfe können wir die Farbe in die Sinne aufnehmen. Wenn das Licht schwach ist, so wird die Farbe, sie möge noch so hell sein, doch nur dunkel wahr-

[1] II, 18.

[2] Lux veniens a re visa colorata ad visum non venit sine colore (II, 16).

genommen, gleichsam mit einem Schleier überdeckt[1]. Erst bei heller Beleuchtung kann die Farbe in ihrer ganzen Wirkung zur Entfaltung kommen. Im Dunkeln, wenn also das Licht fast gänzlich fehlt, sieht das Auge nur, daß die Körper gefärbt sind; die Art der Farben vermag es jedoch nicht zu erkennen. Wird die Helligkeit größer, so wird die Art der Farbe deutlicher, und erst bei starker Beleuchtung kann die Farbe in ihrer Nuance wahrgenommen werden.

Alhazen weiß, daß die Wirkung der Farbe von der Beleuchtungsstärke abhängt; daher kann nach seiner Meinung Farbe ohne Licht nicht vorkommen. Beide sind stets vereinigt, sie kommen gleichzeitig zum Auge. Alhazen zieht den so naheliegenden Schluß nicht, daß beide, Licht und Farbe, nur verschiedene Auffassungen ein und desselben objektiven Vorganges sind; er glaubte nämlich, daß die beiden Erscheinungen verschieden sind, da die *virtus distinctiva* eine Scheidung derselben vornimmt.

d) Wahrnehmungszeit.

Daß wir zur Wahrnehmung der Farbe Zeit brauchen[2], daß ihr Erfassen kein momentanes ist, weiß Alhazen genau. Er führte den Nachweis dafür mittelst des rotierenden Farbkreisels *(trochus circumgyratus motu forti)*. Wäre die Auffassung der Farbe zeitlos, schließt er, so könnte durch eine rotierende Bewegung nichts in unserer Wahrnehmung geändert werden. Wenn wir also einen farbigen Sektor auf weißem Grunde rotieren lassen, so müßte bei unendlich schneller Apperzeption der Farbe für unser Empfinden ein Sektor rotieren. Wir nehmen aber eine ruhende, einheitlich gefärbte Kreisscheibe wahr. Auch könnte, wenn die Zeit zum Erkennen einer Farbe eine unendlich kleine wäre, keine Verschmelzung der verschieden farbigen Sektoren der gedrehten Scheibe eintreten. Die Wahrnehmungszeit ist mithin eine endliche, wenn auch noch so kleine Größe *(comprehensio non erit nisi in tempore, sed multotiens in minimo tempore* [II, 20]).

Daß nicht schon durch die rotierende Bewegung als solche, sondern erst infolge der Geschwindigkeit, mit der sich die Scheibe

[1] III, 20. [2] II, 19—21.

dreht, die Verschmelzung der Farben bewirkt wird, ist dem Araber bekannt; denn eine langsame Bewegung läßt, wie er angibt, eine Farbenmischung nicht eintreten.

Alhazen gibt, wie auch sonst, so auch hier sehr wichtige Experimente: es fehlt aber überall die zahlenmäßige Angabe, ohne die für uns das Gesetz nicht vollkommen erkannt ist.

e) Erkenntniszeit.

Alhazen unterscheidet schon ganz richtig zwischen der Wahrnehmung und der sinnlichen Erkenntnis[1]. Es ist ihm auch genau bekannt, daß die Zeit, die zur Wahrnehmung einer Farbe nötig ist, wesentlich verschieden ist von derjenigen, deren wir zum Erkennen derselben benötigen. So erkennt das Auge schon, daß eine Scheibe farbig ist, ehe es die bestimmte Art der Farbe *(quiditas coloris)* auffaßt. Die Zeit[2], die für das letztere nötig ist, ist eine wesentlich größere. Dies rührt daher, daß im letzteren Falle die *distinctio* und *argumentatio* (die Unterscheidung und die Überlegung) zu Hülfe kommen muß, was nicht zeitlos geschehen kann.

Daß die Wahrnehmung einer Farbe und das Erkennen derselben verschiedene psychische Vorgänge sind, ist besonders dann deutlich, wenn es sich um einen noch nie wahrgenommenen Farbenton handelt. Hier bemerkt das Auge wohl, daß der Gegenstand mit einer Farbe versehen ist, die Art der Färbung kann auch unter Anwendung der größten Mühe nicht genau festgestellt werden[3]. Hat das Auge zwar nicht denselben, aber doch ähnliche Farbentöne schon wahrgenommen, so wird die Unterscheidungskraft jenen den bereits bekannten Farbennuancen angleichen[4].

[1] II, 19, 64, 70.

[2] Comprehensio coloris in eo, quod est color, est ante comprehensionem quiditatis coloris (II, 19).

[3] Visus comprehendit colorem in eo, quod est color, antequam comprehendat, cuius modi sit coloris (II, 19).

[4] Cum ... color fuerit ex coloribus assuetis, cognoscetur a visu secundum cognitionem, et si fuerit ex coloribus extraneis, ita quod visus nunquam comprehendit talem ante, non comprehendetur a visu, ut cognoscat ipsum, sed assimilabit ipsum coloribus propinquis, scilicet quos cognoscebat (II, 17).

Ähnliches wie von der Farbe gilt natürlich vom Licht. Das Auge nimmt auch hier zuerst die Helligkeit wahr, bevor es unterscheidet, welcher besonderen Art das Licht sei, ob es Sonnen- oder Mondeslicht, ob es ein Feuerschein sei usw.

Die Größe der Zeit für die Erkenntnis festzustellen, ist natürlich für Alhazen nicht möglich, da ihm die Mittel zur Messung so geringer Zeiten fehlen.

f) Farbenmischung.

Die Farbenmischung rotierender farbiger Sektoren mittelst des Farbenkreisels kennt Alhazen bereits[1]. Eine nähere Bestimmung der aus der Mischung der einzelnen Farben entstehenden Mischfarben gibt er nicht. Die Experimente, die er zum Beweise seiner Theorie anführt, beruhen auf zufälligen Beobachtungen; auf keinen Fall handelt es sich um planmäßig durchgeführte Untersuchungen über die psychologische Verschmelzung von Farben.

An einer anderen Stelle (I, 31) läßt sich der Autor des näheren über die Mischung von Farben aus: . . . *non apparet visui, quoniam quando cum colore debili fuerit admixtus color fortis, ipse scilicet color fortis vincet debilem et similiter inveniuntur semper colores et tincturae, quando admiscentur inter se* (I, 31).

Alhazen faßt in diese wenigen Worte das Ergebnis seiner experimentellen Untersuchungen über die Farbenmischungen zusammen. Was er unter „fortis color" versteht, ist nicht mit Sicherheit auszumachen. Es kann nämlich die im größeren Sektor vertretene Farbe gemeint sein, oder auch die optisch wirksamere. (Bei Mischung verschieden gesättigter Farben überwiegt der Einfluß der gesättigteren.)

Über die besonderen Gesetze bei der Mischung von komplementären Farben hat Alhazen anscheinend noch keine Erfahrung gehabt.

g) Kontrastwirkung.

Auch die verschiedene Wahrnehmung der Farbe je nach dem Untergrund, auf dem sie sich befindet, kennt Alhazen[2]. Ebenso

[1] Comprehenditur color superficiei trochi quasi color unus admixtus ex coloribus omnibus, qui sunt in sua superficie (II, 20). [2] I, 32.

wie schwaches Licht in der Nähe des starken nicht zur Wahrnehmung gelangt, so gilt auch auf dem Gebiete der Farben eine analoge Erfahrung. Es erscheinen z. B. rote Punkte auf weißem Grunde dunkel (Alhazen sagt schwarz), auf schwarzem Grunde aber hell (weiß sagt Alhazen)[1]. Die Helligkeit der Unterlage, die eine weit größere Fläche einnimmt, überwiegt die der weit kleineren, beinahe punktförmigen Farbenflächen. Aus diesem Grunde wird die Farbe der letzteren für unser Empfinden einen Ton annehmen, der gegen den entgegengesetzten Helligkeitsgrad hinneigt. Die Färbung irgend eines Gebildes wird nur dann in ihrer natürlichen Weise *(secundum suum esse* [I, 32]) erscheinen, wenn der Untergrund ein Mittelding zwischen schwarz und weiß ist, also eine graue Färbung besitzt[2].

Was von dem farblosen — weißlichen oder schwärzlichen — Hintergrunde gilt, findet auch Anwendung auf buntfarbigen Hintergrund[3]. Wenn z. B. das Saatgrün auf gelbem Untergrunde uns zu Gesichte kommt, so erscheint es uns in dunklerer Nuance; dagegen hellt sich die Farbe auf, wenn der Hintergrund eine als dunkler empfundene Färbung trägt. Die Auffassung von Licht und Farbe ist, wie Alhazen (I, 32) angibt, stets durch die Beziehung auf die in der Umgebung befindlichen Helligkeitsgrade oder Farbentöne bedingt.

B) Das ultimum sentiens.

Nicht schon durch das Auge allein geschieht die Wahrnehmung von Licht und Farbe, vielmehr ist es das Sehpneuma, welches infolge seiner Belichtung das Licht fühlt, und aus seiner Veränderung und Färbung die Farbe gewahrt[4]. Das Sehpneuma,

[1] ... color fuscus si intingatur cum corpore albo punctatim, apparebunt ipsa puncta nigra propter fortitudinem albedinis: et si eadem puncta fuerint posita supra corpora valde nigra, apparebunt fere alba, et non apparebit obscuritas, quae est in eis (I, 32).

[2] Quando illa tinctura fuerit in corporibus, quae non sunt multum alba neque multum nigra, apparebit color secundum suum esse (I, 32).

[3] I, 32.

[4] Lux essentialis comprehenditur ex illuminatione corporis sentientis et color comprehenditur a sentiente ex alteratione formae corporis sentientis et ex eius coloratione (II, 17).

welches in den Nerven fließt, ist in seiner ganzen Ausdehnung für Licht- und Farbenreize empfänglich; dadurch ist es erst möglich, daß das Licht und die Farbe, die ja in ein Schmerzgefühl umgesetzt werden, von uns wahrgenommen werden. Das Schmerzgefühl wird im optischen Nerven bis zur Sehnervenkreuzung geleitet. In dem Chiasma hat der Sinn für die Wahrnehmung von Licht und Farbe seinen Sitz [1].

In das Chiasma den Sitz des Licht- und Farbenempfindungsvermögens zu verlegen, sieht sich Alhazen deshalb gezwungen, weil er nur so die Einfachheit des Gesichtsbildes glaubt erhalten zu können. Legte er dieses Vermögen in den Augapfel oder in den optischen Nerven vor seiner Durchkreuzung, so müßten ja zwei Eindrücke in uns zur Empfindung kommen. Dasselbe Resultat würde sich ergeben, wenn das Vermögen hinter dem Chiasma seinen Sitz hätte. So wird Alhazen wieder nicht durch Beobachtung, sondern aus seiner Theorie der Lichtwahrnehmung heraus mit innerer Notwendigkeit zu seiner Annahme gezwungen.

Von dieser Wahrnehmung des Lichtes und der Farbe, welche im Auge oder vielmehr im Chiasma erfolgen soll, unterschied Alhazen, wie wir schon sahen [2], das Erkennen der bestimmten Art des Lichtes und der Farbe und der anderen optischen Bestimmungen der wahrgenommenen Körper [3]. Dieses Erkennen erfolgt nicht in den Augen oder dem zu ihnen gehörigen Chiasma, sondern durch die *virtus distinctiva* [4], welche dem *ultimum sentiens* angehört und im Gehirn ihren Sitz hat.

Eine ähnliche Unterscheidung macht Alhazen beim Gehörsinn. Das Ohr, sagt er II, 27, nimmt die Laute und die Richtung, aus welcher der Reiz kommt, wahr; der Zentralsinn, zu

[1] Et ita corpus sentiens extensum a superficie membri sentientis usque ad concavum nervi communis, scilicet spiritus visibilis, est sentiens per totum, quoniam virtus sensitiva est per totum istius corporis. Cum ergo forma extenditur a superficie membri sentientis usque ad concavum nervi communis, quaelibet pars corporis sentientis sentiet formam, et cum pervenit forma in concavum nervi communis, comprehendetur ab ultimo sentiente, et tunc erit distinctio et argumentatio (II, 16). [2] S. ob. S. 42. [3] II, 19—62.

[4] Omne, quod comprehenditur per sensum visus post lucem et colorem, non comprehenditur solo sensu, sed comprehenditur per distinctionem et argumentationem cum sensu (II, 17).

welchem die Reize in ihrem weiteren Verlaufe gelangen, schließt aus der Richtung, aus welcher die Töne zum Gehörsinn gelangen, auf den Ort, an dem die Schallquelle liegt [1]. Es liegt daher sehr nahe, die Ausführungen, die Alhazen für zwei Sinnesgebiete gegeben hat, auch auf die anderen Sinne auszudehnen. Jedes Sinneswerkzeug nimmt die Reize, für die es allein empfänglich ist, direkt ohne Hülfe eines der anderen Sinnesorgane wahr. Vermittelst des Unterscheidungsvermögens, einer Form des inneren Sinnes, werden aus den Angaben, welche von den einzelnen Sinnen zum Zentralsitz des Erkennens, zum inneren Sinn, gelangen, Schlüsse gezogen. Es ist daher jetzt näher über den innern Sinn und dessen Sitz zu handeln.

a) Der innere Sinn.

Neben den Objekten, welche die einzelnen Sinneswerkzeuge ohne fremde Hülfe wahrnehmen, gibt es noch eine Reihe von Objekten (20 auf dem Gebiete der Gesichtswahrnehmung), die nicht von den Sinnen direkt wahrgenommen werden. Diese erfordern eine von den einzelnen Sinnen selbst verschiedene Kraft, ein Vermögen, durch welches erst die Wahrnehmung vollkommen wird, indem durch dasselbe die noch in den Reizen enthaltenen Bestimmungsstücke analysiert werden.

Die Unterscheidung des *ultimum sentiens* von den Einzelsinnen bei Alhazen geht zurück auf Aristoteles. Bei diesem [2] hat der innere Sinn die Aufgabe, diejenigen Objekte zu erkennen, welche, wie Bewegung, Ruhe, Zahl, Gestalt und Ausdehnung, mehreren Sinnen gemeinschaftlich sind (*αἰσθητὰ κοινά*). Er ist ferner die Kraft, welche die verschiedenen Sinnesobjekte in ihrem Unterschiede erfaßt und miteinander vergleicht. Auch kennt Aristoteles die beim Erkennen wirksame Assoziation (es ist das *αἰσθητὸν κατὰ συμβεβηκός*, um welches es sich handelt), ohne daß er diese indessen ausdrücklich dem Zentralsinn zurechnete. Bei

[1] Sensus ... auditus comprehendit voces et comprehendit verticationes, ex quibus veniunt voces; et ex comprehensione verticationum, super quas veniunt voces ad auditum et super quarum rectitudinem peruenit vox auditum, comprehendit virtus distinctiva locum, a quo venit vox (II, 27).

[2] *De anima* II, 6.

Alhazen kehren alle diese Dinge wieder, jedoch mit mancherlei Verschiebungen im einzelnen und mit starken Erweiterungen an bestimmten Stellen. Unter dem Namen des *ultimum sentiens* faßt er eben eine Mehrheit psychischer Vorgänge zusammen, die eine gesonderte Behandlung verlangen, und dadurch entstehen Unklarheiten, die natürlich auch durch die folgende Darstellung nicht ganz beseitigt werden können.

1. Sachlich ist auch bei Alhazen das *ultimum sentiens*, wie bei Aristoteles, zunächst das Vermögen der gemeinschaftlichen Sinnesobjekte. Aber diese gemeinschaftlichen Sinnesobjekte, deren Zahl gegenüber Aristoteles wesentlich erweitert ist, bezeichnet er — wohl deshalb, weil er allein von der Gesichtswahrnehmung handelt —, wie wir oben (S. 39 f.) sahen, überhaupt nicht als solche, sondern sucht ihre Eigentümlichkeit gegenüber den beiden ersten Objekten des Gesichtsinnes — Licht und Farbe — vielmehr dadurch zu erklären, daß zu ihrer Erfassung außer dem Gesichtsinn noch das Unterscheidungsvermögen oder die *virtus distinctiva*, eine Form des innern Sinnes *(ultimum sentiens)*, erforderlich ist.

Wie dieses Erfassen im einzelnen sich vollzieht, werden wir hinsichtlich der wichtigsten, auf die Raumanschauung bezüglichen Punkte im folgenden Abschnitt noch näher zu zeigen haben. Hier sei deshalb zunächst über die *virtus distinctiva* im allgemeinen gesprochen.

2. Aufgabe des Zentralsinnes ist es, die verschiedenen Sinnesobjekte in ihrem Unterschied zu erfassen und miteinander zu vergleichen. Die Verschiedenheit wahrgenommener Reize soll mittelst des Unterscheidungsvermögens *(virtus distinctiva)* genau erkannt und analysiert werden. Es ist hier für Alhazen wie für Aristoteles der innere Sinn die Zentralkraft, welche die Objekte der verschiedenen Außensinne zusammenfaßt und beurteilt. Die äußeren Sinne haben zwar eine gewisse relative, doch keine absolute Selbständigkeit. Die volle sinnliche Erkenntnis, das Analysieren und vollständige Erfassen der Reize, kommt erst im Zentralsinn zustande. Andererseits kommt der *virtus distinctiva* keine absolute Selbständigkeit zu; nur in Verbindung mit den

Außensinnen, deren notwendige Ergänzung sie ist, kann sie sich betätigen [1].

3. Bei Aristoteles ist die unterscheidende Tätigkeit des Zentralsinnes eine rein sinnliche. Alhazen erweitert den Begriff. Nach ihm reicht die auf die unmittelbare Empfindung beschränkte, bloß sinnliche Unterscheidungskraft nicht aus, um die durch die Reize zum Bewußtsein gebrachten Objekte vollständig zu erfassen. Es bedarf hierzu besonderer auf der Erfahrung beruhender Tätigkeiten. Auch diese schreibt er der *virtus distinctiva* zu.

a) Wenn wir ein bestimmtes Individuum erkennen oder auch zwei Einzelwesen derselben Art unterscheiden, so ist dies nach Alhazen eine Tätigkeit der *virtus distinctiva*. Der Vorgang, um den es sich hier handelt, ist ja nicht ein einfacher Wahrnehmungsvorgang, sondern die Erkenntnis des Wahrgenommenen; derselbe setzt also die Vorstellung von dem Gegenstande als bereits vorhanden voraus. Alhazen sieht bereits, daß es sich hier um einen zu der Empfindung hinzutretenden apperzeptiven Vorgang handelt, wenn er das Wesen desselben auch noch nicht näher zu bestimmen imstande ist [2].

b) Gleichfalls um einen apperzeptiven Vorgang handelt es sich, wenn Alhazen lehrt, daß durch die *distinctio* die Wahrnehmung erleichtert wird [3].

c) Endlich ist Alhazen bereits bekannt, daß durch den gleichen Vorgang eine Ergänzung und Vervollständigung der Wahrnehmung über das in dem besondern Falle unmittelbar Empfundene hinaus herbeigeführt wird. Fällt uns beim Anblick eines Gegenstandes eine Eigentümlichkeit desselben besonders in die Augen, die der Vorstellung, die wir früher von diesem Objekt gebildet haben, ebenfalls eigentümlich ist, so wird mit diesem Anblick des Gesichtsobjektes sofort auch die frühere Vorstellung (assoziativ) verbunden sein [4]. Wir werden sämtliche Merkmale an diesem gesehenen Körper wahrzunehmen glauben und sie auch sehen, ohne daß wir uns des Vorganges der Ergänzung bewußt werden [5].

[1] Attamen distinctio virtutis distinctivae in istis rebus visibilibus non est nisi mediante visu (II, 10).

[2] Das Nähere unten S. 61 ff. [3] II, 71. [4] II, 68.

[5] ... sic quando venerit ipsa intentio particularis, quae quieverit in anima eius, comprehendet eam apud eius eventum per cognitionem neque

4. Wenn Alhazen eine wirklich ausreichende psychologische Analyse der hier beschriebenen Apperzeptionsvorgänge auch noch nicht gibt, so hat er gleichwohl den beiden darin enthaltenen Momenten schon seine Aufmerksamkeit zugewandt, nämlich der apperzipierenden Vorstellung und der Art und Weise, wie diese mit dem unmittelbaren Empfindungsinhalt in Verbindung tritt.

a) Was die Seele an die Wahrnehmung heranbringt, sind die Gemeinbilder[1]. Werden dieselben Objekte wiederholt wahrgenommen, so prägen sie sich mit allen zu ihnen gehörigen Teilbestimmungen *(intentiones)* in unsere Seele ein. Sie ruhen in ihr, ohne daß wir darum wissen[2]. So entstehen in uns die Gemeinbilder *(formae universales)*. Erst durch wiederholtes Anblicken fassen wir allmählich sämtliche Bestimmungen der wahrgenommenen Objekte auf und verschmelzen sie zu einem in der Seele ruhenden Begriff, der alle Teilbestimmungen in sich schließt[3] (Näheres S. 62).

b) Den Apperzeptionsvorgang selbst beschreibt Alhazen als einen unbewußten Schluß[4]. Die *virtus distinctiva* ist für ihn zugleich ein assoziatives Schlußvermögen[5]. Solche unbewußten Schlüsse liegen vor, wenn wir bei der Wahrnehmung das Bild eines Gegenstandes auf Grund früherer Erfahrungen ergänzen[6]; ferner bei der Auffassung der Lage und der Entfernung[7], über die später noch genauer zu handeln ist (S. 57), und in anderen Fällen. Unbewußt bleiben diese Schlüsse, weil sie sich so schnell vollziehen, daß sie nicht bemerkt werden.

tamen percipit qualitatem comprehensionis neque qualitatem cognitionis neque qualiter quieverit in anima eius cognitio ipsius intentionis (II, 14).

[1] II, 14; II, 67; III, 21

[2] Multotiens redduntur ipsae intentiones sensibiles illi (sc. inspicienti) successive, quousque quiescant in eius anima; ita etiam ut non percipiat quietem earum (II, 14).

[3] Facta est forma universalis quiescens ex qualibet intentione particularium (II, 14). [4] II, 11, 12.

[5] ... virtus distinctiva est nata ad arguendum (II, 13).

[6] Comprehenduntur ergo intentiones istae sine argumentatione iteranda, quam primo fecit, et sine ratione, per quam comprehensa est veritas illius intentionis, et sine comprehensione qualitatis comprehensionis ipsius apud comprehensionem et sine comprehensione qualitatis cognitionis apud comprehensionem (II, 14). [7] II, 24.

Den Vorgang solcher unbewußter Schlüsse finden wir schon beim Kinde. Es wird ein Kind von zwei ihm dargebotenen Äpfeln den schöneren auswählen, nicht aus ästhetischen Motiven, sondern infolge eines Schlusses, dessen es sich aber nicht bewußt ist. Dieser Schluß ist folgender: Was schöner ist, ist auch besser; was besser ist, dem soll der Vorzug gegeben werden; also wähle ich mir auch den schöneren Apfel aus (II, 13). — Roger Bacon und Witelo haben dieses Beispiel und die ganze Theorie der unbewußten Schlüsse herübergenommen [1].

b) Sitz des ultimum sentiens.

Viele von den Ansichten, die uns Alhazen über den Zentralsinn, das *ultimum sentiens*, entwickelt, finden sich, wie bereits bemerkt, bei Aristoteles [2]. Was dagegen den Sitz des Zentralsinnes anbetrifft, so verlegt diesen Alhazen ins Gehirn, während Aristoteles demselben im Herzen den Platz anweist und dem Gehirn nur eine nebensächliche Rolle zuteilt.

Alhazen gibt, wie bereits oben klargelegt, eine Beschreibung der Übermittlung der Reize bzw. ihrer Empfindungen nach dem Gehirn. Er überbietet um ein bedeutendes in diesem Punkte die Lehre des größten Gelehrten des Altertums. Zu einer Lokalisierung der einzelnen Vermögen im Gehirn kommt er jedoch nicht.

C) Raumanschauung.

Die modernen Psychologen, z. B. Ebbinghaus, sind vielfach zu der alten aristotelischen Anschauung von *sensibilia communia* und *sensibilia propria* insofern zurückgekehrt, als sie zuerst die Empfindungen nach ihren spezifischen Eigentümlichkeiten behandeln, und dann eine Beschreibung der Empfindungen nach ihren gemeinsamen Eigentümlichkeiten anschließen. Im letzten Abschnitt spricht z. B. Ebbinghaus über die Raumanschauung, über die Zeitanschauung, über Bewegung und Veränderung, über Ähnlichkeit und Verschiedenheit, über Einheit und Vielheit. Fast alle diese Gesichtspunkte finden sich auch unter den zwanzig

[1] Cl. Baeumker, *Witelo*, S. 625.

[2] Cl. Baeumker, *Des Aristoteles Lehre von den äußeren und inneren Sinnesvermögen*. Paderborn (Leipzig) 1877.

Akzidentien der zweiten Gruppe (s. S. 39 f.). Die ersten sieben — Entfernung, Lage, Körperlichkeit, Gestalt, Größe, Zusammenhang, Trennung — betreffen die Raumanschauung; der Bewegung ist unter Nr 9 (Bewegung) und Nr. 10 (Ruhe) gedacht, während die Veränderung im allgemeinen nicht erwähnt ist. Ähnlichkeit und Verschiedenheit treten am Schlusse der Aufzählung (Nr. 19 und Nr. 20) auf; Einheit und Vielheit sind unter Nr. 8 (Zahl) enthalten.

Im allgemeinen indessen bietet Alhazen nicht eigentlich psychologische Bestimmungen hinsichtlich dieser Fragen, vielmehr gibt er die objektiven Elemente des Zusammenhanges, der Trennung, der Ähnlichkeit und Verschiedenheit usw. an, die von uns wahrgenommen werden, ohne daß er auf die physiologischen und psychologischen Mittel einginge, durch welche diese Objekte uns zum Bewußtsein kommen. In einer Darstellung von Alhazens Psychologie brauchen wir auf diese Ausführungen, welche Psychologisches überhaupt nicht oder nur in ganz verschwindendem Maße enthalten, nicht näher einzugehen. Nur hinsichtlich eines Problemes finden wir eine bedeutungsvolle Ausnahme, nämlich hinsichtlich der Raumanschauung. Hier hat der mittelalterliche Gelehrte eine Reihe der wichtigsten psychologischen Probleme berührt, und seine Erklärungen antizipieren in überraschender Weise Gedanken, die erst in der jüngsten Entwicklung der Psychologie wieder aufgenommen wurden. Alhazens Theorie der Raumanschauung möge darum einer eingehenderen Analyse unterzogen werden.

Wie bereits oben (S. 29 ff.) bemerkt wurde, ist Alhazen der Ansicht, daß die aus den Reizen der verschiedenen Punkte des Glaskörpers entstehenden optischen Empfindungen, abgesehen von dem Inhalte des Empfundenen, also die den bestimmten Punkten zugehörigen Empfindungsvorgänge, voneinander geschieden sind. So können wir aus einem Bild, das wir auf der Linse empfinden, auf die verschiedene Lokalisation der Objekte schließen. Daher kommt es, daß die Einordnung der optischen Eindrücke im Sehfeld der Ordnung der Punkte auf dem Glazialkörper entspricht, deren Reizung die Eindrücke in uns ins Dasein ruft [1].

[1] Situs vero partium rei visae inter se ... comprehenduntur a visu ex comprehensione locorum visus, ad quae perveniunt formae partium, et ex

Es ergibt sich aus Alhazens Theorie des Sehens, daß wir nur ein flächenhaftes Sehfeld wahrnehmen, also nur eine zweidimensionale Mannigfaltigkeit. Wir nehmen nur Flächen, ihre Größen und Entfernungen wahr[1].

Die bestimmte Tiefenlokalisierung, das Körperlichsehen dagegen ist ein Produkt der Tätigkeit der *virtus distinctiva*, welche die Wahrnehmung ergänzen muß. Die akzidentellen Wahrnehmungsinhalte für den Gesichtsinn sind Entfernung, Größe, Lage, Körperlichkeit.

a) Körperlichkeit (corporëitas).

Alles, was wir außerhalb unseres Leibes wahrnehmen, ist körperlich. Der Körper hat drei Dimensionen[2], während, wie wir oben gesehen haben, unser Sehfeld nur zwei Dimensionen besitzt.

Das Bewußtsein der dritten Dimension beruht nach Alhazens Ansicht nicht auf Wahrnehmung, sondern auf Beurteilung durch die *virtus distinctiva*[3]. Da wir nämlich alle Dinge der Außenwelt bei genauerem Fixieren aus geringer Entfernung als Körper wahrnehmen, so folgert die Unterscheidungskraft daraus, daß alles Gesehene dreidimensional sein muß. Wenn wir also eine optische Empfindung irgend eines Gegenstandes haben, so schließen wir infolge früherer Wahrnehmung (*scientia antecedente* II, 31), daß wir einen Körper wahrnehmen, trotzdem wir nur ein flächenhaftes Bild empfinden[4].

comprehensione ordinationis partium formae pervenientis ad visum per virtutem distinctivam (II, 30).

[1] Dicamus ergo, quod magnitudines, quas comprehendit visus apud oppositionem, sunt quantitates superficierum visibilium et quantitates partium superficierum visibilium et quantitates terminorum superficierum visibilium et quantitates spatiorum, quae sunt inter terminos partium superficierum visibilium, et quantitates spatiorum, quae sunt inter visibilia distincta. Et isti sunt omnes modi quantitatum, quas comprehendit visus apud oppositionem rei visae (II, 41).

[2] Corporëitas, quae est extensio secundum trinam dimensionem (II, 31).

[3] II, 31.

[4] Apud hominem distinguentem iam quietum est principium, quod non comprehenditur sensu visus nisi corpus; et sic quando ipse comprehendet visibile, sciet statim, quod est corpus, quamvis non comprehendat extensionem secundum trinam dimensionem (II, 31).

Konsequent durchgeführt hat Alhazen freilich diese Theorie nicht. Wenn sich der Gegenstand in geringerer Entfernung vom Auge befindet, und wir gleichzeitig mehrere seiner Begrenzungsflächen sehen sowie auch ihre gegenseitige Neigung wahrnehmen, so sollen wir die Körperlichkeit des wahrgenommenen Objektes unmittelbar sehen[1].

Daß die unmittelbare körperliche Vorstellung der Gegenstände an die Verschiedenheit der Bilder in den beiden Augen gebunden ist, war Alhazen noch unbekannt.

Alhazen bespricht die Auffassung der Tiefenausdehnung auch an jener Stelle, wo er von Rauhigkeit und Glätte *(asperitas, lenitas)* handelt. Die Rauhigkeit ist nach seiner Auffassung nur eine verschiedene Lage der Oberfläche eines Körpers[2]; es gilt also das hier Gesagte auch für die Auffassung der körperlichen Ausdehnung. Die Rauhigkeit aber erfassen wir nach Alhazen vermittelst der verschiedenen Lichtstärken an einzelnen Stellen, vermittelst der Verteilung von Licht und Schatten[3]. Dies wird also auch für die Auffassung der Körperlichkeit überhaupt gelten sollen.

b) Lage (situs).

Auch die Wahrnehmung der Lage[4] erfolgt durch den Zentralsinn. Auf Grund der Empfindung der gereizten Stelle im Auge und mittelst der Strahlen, längs derer sich die Form zum Auge fortpflanzt, nimmt das Unterscheidungsvermögen zugleich den Ort wahr, aus welchem und durch welchen sich die Lichtstrahlen ausbreiten[5]. Wir verlegen infolgedessen das Objekt selber an

[1] Comprehensio corporëitatis a visu non est nisi ex comprehensione obliquationis superficierum corporum; et obliquitates superficierum corporum, per quas significatur visui, quod corpora sunt corpora, non comprehenduntur a visu nisi in corporibus, quorum remotio est mediocris (II, 31).

[2] Asperitas est diversitas situs partium superficiei corporis (II, 53).

[3] Asperitas comprehenditur a visu in maiori parte ex forma lucis apparentis in superficie corporis asperi (II, 53).

[4] II, 26—30.

[5] Statim virtus distinctiva comprehendet locum, in quem, ex quo et per quem extendebatur illa verticatio. Locus autem, per quem et ex quo extendetur illa verticatio, est locus, in quo est illa res visa (II, 27).

das Ende dieser Strahlen[1]. Alhazen nimmt auch hier einen unbewußten Schluß zur Erklärung an. Daraus daß es sich bei der Auffassung der Lage um einen Schluß, und nicht um eine unmittelbare Wahrnehmung handelt, soll es sich auch erklären, daß wir bei einer Spiegelung der Objekte diese nicht an ihrem richtigen Platze und in ihrer wahren Größe sehen, sondern hinter den Spiegel verlegen.

c) Entfernung (remotio).

Entfernung *(remotio)*[2] besagt zunächst nur, daß wir die Objekte außerhalb unseres eigenen Leibes wahrnehmen. Wiederum wird dies auf einen unbewußten Schluß zurückgeführt. Die Gegenstände werden in bestimmten Richtungen außerhalb unseres Körpers verlegt, weil sie beim Schließen des Auges ebenso wie beim Wegwenden des Blickes verschwinden. Deshalb schreiben wir allem, was außerhalb unseres Leibes liegt, eine Entfernung zu[3].

Die genauere Bestimmung der Entfernung schließt ein Doppeltes ein: die Richtung und den Abstand vom Auge. Die Richtung ist, wie bereits erwähnt, festgelegt durch die Richtung der Lichtstrahlen, die zum Auge gelangen; was den Abstand[4] anbetrifft, so kann dieser durch objektive und subjektive Mittel festgelegt werden.

Ein objektives Hülfsmittel liegt dann vor, wenn zwischen dem Gegenstand und dem Auge eine geordnete Reihe von Körpern in gleichmäßiger Entfernung aufeinanderfolgt. Nur in diesem Falle wird die Entfernung in ihrer wahren Größe erfaßt[5]. Sind die Gegenstände weit vom Auge entfernt und befinden sich zwischen ihnen und dem Organ des Gesichtsinnes keine anderen

[1] Cum ergo visus senserit formam ex verticationibus linearum radialium, aestimabit rem visam esse apud extremitates illarum linearum, quoniam nihil comprehendit ex visibilibus assuetis, quae semper comprehendit, nisi apud extremitates linearum imaginatarum inter visum et rem visam (II, 27).

[2] II, 24.

[3] Cum virtus distinctiva comprehendit, quod illud, quod videtur, non est intra visum neque est applicatum cum visu, statim comprehendit, quod inter ipsum et visum est remotio (II, 24).

[4] II, 25.

[5] Et nulla quantitas remotionis visibilium comprehenditur per sensum visus vera comprehensione nisi remotiones visibilium, quorum remotio respicit corpora ordinata et continuata, quorum remotio simul est mediocris (II, 25).

Objekte, so wird daher die Entfernung falsch eingeschätzt. Alhazen gibt als Beispiel an die Schätzung der Höhe von Wolken, die in der Ebene sehr hoch geschätzt werden, während, wie den Höhenbewohnern bekannt ist, die Gipfel der Berge aus dem Gewölk herausragen [1].

Neben dem objektiven Hülfsmittel zur Distanzschätzung führt Alhazen noch ein subjektives an. Dieses besteht darin, den Blick vom Standpunkt des Beobachters zum Gegenstande hingleiten zu lassen und aus dieser Bewegung heraus die Größe der Entfernung zu erschließen [2]. Aus den Worten unseres Autors ergibt sich, daß dieses Hülfsmittel sich nur bei horizontalen Distanzen anwenden läßt, bei vertikaler Entfernung dagegen eine genaue Schätzung mit Hülfe dieses Verfahrens unmöglich ist.

Die Beziehung zwischen der Größe des Winkels, welcher durch die beiden Richtlinien am Anfang und Ende der Bewegung gebildet wird, und zwischen der Entfernung des Objektes vom Beobachter muß auf empirische Weise erworben sein. Durch wiederholte Erfahrung können wir es zu einer großen Genauigkeit in dieser Schätzung der Entfernung aus der Größe des Winkels bringen. Überhaupt läßt sich die Sicherheit in der Größen- und Entfernungsschätzung nur durch Übung erwerben. Am sichersten lassen sich darum die Entfernungen einschätzen, die in unmittelbarer Nähe — *apud pedes* (II, 39) — des Beobachters liegen. Solche Größen werden auf Maße bezogen, die dem Wahrnehmenden von der Natur geboten werden, er wird diese abschätzen in Fußen oder Schritten, auch in Ellen usw.

Die Neigung einer Oberfläche gegen die Blickrichtung läßt sich nur aus der Verschiedenheit der Entfernungen der Enden feststellen [3]. Ebenso läßt sich die Wölbung eines Körpers, ob seine Oberfläche konvex oder konkav ist, nur dadurch festsetzen, daß man die Entfernung der Mitte und der Ränder vergleicht.

[1] II, 25.

[2] Aspiciens ... quando comprehenderit aliquam rem visam super faciem terrae et voluerit certificare remotionem eius, intuebitur partem terrae continuatam interiacentem inter ipsum et rem visam et movebitur visus in longitudine ipsius, et sic movebitur axis radialis super illam partem et comprehendet ipsam secundum singulas partes et sentiet partes eius parvas, quando remotio illius ultimi spatii fuerit mediocris (II, 39). [3] II, 45.

Damit aber ein Unterschied zwischen zwei Entfernungen oder Längen wahrgenommen wird, ist nötig, daß diese Größen eine merkliche Differenz haben. Es kommt hier nicht auf die absolute Differenz an, sondern auf die relative. Das Ausschlaggebende ist nicht der Unterschied zwischen den beiden Längen, sondern erst die Differenz im Verhältnis zur ganzen Distanz [1]. Wie an mehreren Orten so gibt auch hier Alhazen wichtige Grundsätze; erst im letzten Jahrhundert haben die Versuche von E. H. Weber, Vierordt und Th. Fechner zu einer genauen, zahlenmäßigen Fixierung der Raum-Unterschiedsschwelle geführt. Aus den planmäßig ausgeführten Experimenten kamen die Genannten zur Feststellung bzw. zur Bestätigung des Gesetzes, das den Namen E. H. Webers trägt.

d) Größe (magnitudo).

Näher geht Alhazen auch ein auf die Art, wie wir die Größe eines gegebenen Objektes auffassen [2]. Er bekämpft die von manchen vertretene Meinung, daß die Ausdehnung eines Gegenstandes aus der Größe des Gesichtswinkels allein sich schätzen lasse. Die Größenschätzung ist nur möglich, wenn auch die Entfernung bekannt ist. Die beiden Hülfsmittel für die Abschätzung der Entfernung lernten wir soeben kennen. Die Größe des Gesichtswinkels ist aus der Größe der gereizten Stelle des Glazialkörpers zu erschließen. Erst aus diesen zwei Bestimmungsstücken kommen wir zur Festlegung der Größe des gesehenen Objektes. Umgekehrt schließen wir infolge häufiger Erfahrung unbewußt, daß als groß bekannte Körper, die uns unter kleinem Gesichtswinkel erscheinen, in großer Entfernung liegen.

Daß auch auf dem Gebiete der Größenauffassung durch apperzeptive Vorgänge eine Umformung des objektiven Eindruckes eintreten kann, ist Alhazen wiederum bekannt. Ein Kreis, dessen Ebene nicht senkrecht zur Blickrichtung gestellt ist, wird von uns, solange die Neigung gegen die Blickrichtung innerhalb gewisser

[1] Et cum remotio eorum fuerit magna et fuerint ipsa modicae obliquationis, erit differentia, quae est inter remotas extremitates eorum oppositorum valde modica, *fere carens quantitate respectu quantitatum remotionum eorum* (II, 29). [2] II, 36–39.

Grenzen bleibt, als Kreis und nicht, wie es doch eigentlich sein müßte, als Ellipse aufgefaßt (II, 36).

e) Bewegung und Ruhe.

Die Wahrnehmung der Bewegung[1] ist nur möglich, wenn wir die Lagenänderung dieses Körpers gegenüber einem oder mehreren ruhenden bemerken. Der Gesichtsinn nimmt die Bewegung dann wahr, wenn eine Verschiedenheit der gegenseitigen Lage des bewegten und unbewegten Objektes eintritt. Am sichersten ist die Feststellung der Bewegung eines Objektes, wenn seine Lagenänderung in bezug auf mehrere Objekte gleichzeitig erkannt werden kann. Es läßt sich die Bewegung auch schon wahrnehmen, wenn nur ein ruhender Körper vorhanden ist. Freilich liegt hier darin eine Schwierigkeit, daß sich nicht so leicht unterscheiden läßt, welches der beiden Objekte das bewegte ist.

Ruhender Bezugskörper kann auch das Auge selbst sein. Auf diese Weise läßt sich die Bewegung in der Richtung der Sehstrahlen am leichtesten erkennen. Alhazen erklärt den Vorgang nicht näher und macht keine Angabe über den Grund; er weiß nicht, daß die Wahrnehmung der Bewegung in der Blickrichtung einerseits durch die Änderung des Netzhautbildes und andererseits infolge der geleisteten Muskelarbeit, durch welche die Änderung der Akkommodation des Auges bewirkt wird, entsteht. (Dieser letzte Grund liegt dann allein vor, wenn keine merkliche Änderung des Bildes auf der Retina mehr möglich ist.)

Ist bei einer rotatorischen Bewegung das Zentrum fest, so ändert sich der Abstand des bewegten Punktes von diesem nicht. Hier ist die Wahrnehmung der Bewegung nur möglich infolge der Änderung der gereizten Stelle im Auge. Auch jede andere Bewegung läßt sich auf diese Weise erfassen[2]. Daß diese Art

[1] II, 49—52.

[2] Et si motus rei visae fuerit circularis, necessario mutabitur pars rei visae eius, quae opponitur visui; et cum illa pars rei visae fuerit mutata et senserit visus mutationem eius visu existente in suo loco, sentiet motum rei visae. Secundum ergo istos modos comprehendit visus motum, quando visus fuerit fixus in suo loco. Et visus comprehendet etiam motum secundum quemlibet istorum modorum, quamvis visus etiam moveatur. Et hoc erit, quando visus senserit diversitatem situs rei visae motae sentiendo, quod illa

der Erkenntnis keine sichere Wahrnehmung der Bewegung ermöglicht, ist dem arabischen Forscher bekannt. Die Unsicherheit dieser Art der Auffassung rührt daher, daß eine Änderung der gereizten Stelle auch eintreten kann infolge der Augenbewegung.

Die Wahrnehmung der Rotation eines Körpers um eine durch ihn gehende Achse ist nur möglich, wenn wir erkennen, daß verschiedene Teile seiner Oberfläche vor unsern Augen erscheinen. Eine Bewegung können wir nur dann erkennen, wenn der Körper nach einer merklichen Zwischenzeit an einem anderen Orte oder in einer anderen Lage sich befindet. Ist dies nicht möglich, so schließen wir, der Körper ruhe [1]. Eine Bewegung dagegen, bei welcher der Gegenstand in einem ziemlich beträchtlichen Zeitraum nur einen geringen Winkelraum überstrichen hat, können wir nicht wahrnehmen.

D) Erkennen und Wiedererkennen.

Alhazen hat ausgeführt, auf welche Art und Weise wir zur Wahrnehmung der Objekte der Außenwelt gelangen; es tritt nun die schon oben berührte Frage an uns heran, wie wir die Gegenstände mit ihren Merkmalen erkennen oder als bereits wahrgenommene wiedererkennen. Bei der Besprechung dieses Problems bringt Alhazen seine Ansicht über die Allgemeinvorstellungen (*formae universales*) und ihren Wert für das Erkennen der Objekte; auch einige wertvolle Bemerkungen über die Psychologie des Lesens sind hierbei eingeflochten.

Wie bereits klargelegt, nehmen wir große Gegenstände beim bloßen Anblick wahr; kleine Objekte aber werden nach Alhazens Meinung erst durch den „scharfen Anblick“ (*intuitio et consideratio*) unterschieden [2]. Er macht also einen deutlichen Unter-

diversitas non est propter motum eius, et distinguendo inter diversitatem situs, quae accidit illi rei propter motum illius rei visae, et inter diversitatem situs, quae accidit ei propter motum visus. Cum ergo visus senserit diversitatem situs rei visae et senserit, quod diversitas eius situs non est propter motum visus, sentiet motum rei visae (II, 49).

[1] Quies comprehenditur a visu ex comprehensione rei visae in tempore sensibili in eodem loco et in eodem situ (II, 52).

[2] Generaliter omnes intentiones subtiles non apparent visui apud aspectum rei visae, sed post intuitionem et considerationem (II, 64).

schied zwischen dem oberflächlichen Ansehen (*comprehensio superficialis*) und dem scharfen Anblicken und Erfassen (*comprehensio, quae profundius aspicit*) der Objekte.

Ein deutliches Sehen ist, wie bereits oben ausgeführt, nur in der Umgebung der optischen Achse möglich[1]. Beim ersten zentralen Anblick des Gegenstandes werden wir zwar einzelne seiner Teilbestimmungen wahrnehmen, jedoch nicht sämtliche Kennzeichen erfassen. Das Erkennen von Objekten mit allen ihren Merkmalen ist nur durch „scharfes Anblicken" möglich. Auf diese Weise erfassen wir die Merkmale der Gegenstände, die wir noch nie wahrgenommen haben oder an deren Anblick wir uns nicht mehr erinnern. Dagegen kommt beim Erfassen eines bekannten Körpers, dessen Aussehen uns in der Erinnerung noch gegenwärtig ist, sogleich die Ähnlichkeit mit dem Erinnerungsbild zu Bewußtsein; alle Merkmale des Gedächtnisbildes fallen uns sogleich ein, wodurch die Wahrnehmung um ein Beträchtliches erleichtert wird. Es kann sogar vorkommen, daß die Auffassung der Ähnlichkeit das vorhergehende sein muß, daß nämlich erst infolge des Bemerkens der Ähnlichkeit ein klares Erfassen des Objektes möglich ist. Als Beispiel für diese seine Ansicht gibt uns Alhazen den Vorgang an, der sich beim Lesen einer Schrift immerfort wiederholt[2]. Da kein Mensch in denselben Schriftzeichen seinen Gedanken Ausdruck verleiht wie der andere, sondern jeder die Buchstaben anders schreibt, eine andere Handschrift besitzt, so ist ein Lesen der Arbeit eines anderen nur dann möglich, wenn wir zuerst die Ähnlichkeit mit den Zeichen, die wir selbst zur Bezeichnung irgendwelcher Laute benutzen, feststellen[3].

a) Allgemeinvorstellungen.

Die Einreihung des wahrgenommenen Gegenstandes unter bereits Bekanntes geschieht mittelst der Allgemeinvorstellungen,

[1] II, 65. [2] II, 10.

[3] Etiam scriptura non comprehenditur nisi ex distinctione formarum literarum et compositione illarum et comparatione illarum ex sibi similibus, quae sunt notae scriptori ante (II, 10).

der *formae universales*[1]. Durch öftere Wahrnehmung nämlich wird aus den Vorstellungsbildern der individuellen Einzelformen eine Allgemeinvorstellung in der Seele fixiert[2]. Die Entstehung der Gemeinbilder beruht auf der Auffassung des Übereinstimmenden der einzelnen Individuen derselben Art; es wird also mit der Häufigkeit der Wahrnehmung die Deutlichkeit und Festigkeit der Allgemeinvorstellung vergrößert[3]. Nur durch wiederholtes Erfassen der Objekte bleibt in der Seele der Begriff haften. Daß nicht die einmalige Wahrnehmung genügt, schließt Alhazen daraus, daß auch das einmalige Lesen eines Gedichtes oder einer Rede nicht hinreicht, um jenes auswendig zu lernen oder diese frei halten zu können[4]. Die in uns ausgebildeten Allgemeinvorstellungen können aus unserm Gedächtnis entschwinden; dies tritt ein, wenn wir schon lange keine ähnliche Wahrnehmung gemacht haben.

Das Erkennen eines Gegenstandes besteht in der Subsumierung desselben unter eine in uns ruhende Allgemeinvorstellung[5]. Zunächst werden wir ein Objekt unter eine Klasse unterordnen, bevor wir die Individualität desselben erkennen. Da wir zur Einreihung in ein Allgemeinbild nicht so viele Merkmale erfassen müssen, so ist es klar, daß dies schneller geschieht als das Erfassen der Individualität[6].

[1] II, 14, 66 - 69.

[2] Quod visus quando comprehenderit aliquod individuum, deinde comprehenderit alia individua eiusmodi individui, et iterata fuerit comprehensio individuorum frequenter, quiescet forma illiusmodi in anima, et perveniet forma universaliter figurata in imaginatione (II, 66).

[3] Quod vero forma rei, cuius comprehensio iterabitur a visu, sit magis fixa in anima et in imaginatione, quam forma rei visae, cuius comprehensio non iterabitur, est, quia, quando ad animam pervenit aliqua intentio, statim perveniet forma illius intentionis in animam (II, 66).

[4] ... quod intentiones et formae quando iterabuntur in anima, erunt magis fixae quam intentiones et formae non iteratae, est, quia quando homo voluerit corde tenere aliquem sermonem vel versum aliquem, iterabit sermonem illius intentionis multoties, et sic figetur in sua anima (II, 66).

[5] Comprehensio ... quiditatis rei visae non est nisi ex comprehensione assimilationis formae rei visae alicuius formarum quiescentium in anima fixarum in imaginatione (II, 68).

[6] Comprehensio specialitatis rei visae a visu est in minori tempore quam tempus, in quo comprehenditur individualitas illius rei visae (II, 72).

Die Unterordnung eines Gesichtsobjektes unter eine bestimmte Klasse bietet um so mehr Schwierigkeiten, je verwandter sie mit einer andern ist, denn bei nahestehenden Familien ist zur Subsumierung ein deutliches Erfassen mehrerer Merkmale nötig, während die Einreihung in eine isoliert dastehende Gruppe schon beim Erkennen eines einzelnen Merkmales möglich ist. Alhazen gibt als Beleg an, daß es leichter sei ein Wesen als Menschen zu erkennen, wie ein Zugtier als Pferd wahrzunehmen; hier ist nämlich die Verwechslung mit einem Maultier nur bei der Beobachtung feinerer Merkmale ausgeschlossen[1]. Ein weiteres Beispiel ist dieses[2]: aus der roten Farbe einer Blüte wird man leicht darauf schließen, daß dies eine Rose sei, während aus dem Anblick der grünen Farbe eines Baumes die Art desselben noch lange nicht festgestellt werden kann[3].

Daß zu jeder Erkenntnis Zeit nötig ist, haben wir bereits oben (S. 44ff.) auseinandergesetzt; ebenso daß die Wahrnehmungs- und Erkenntniszeit wesentlich verschieden sind. Zum Erkennen eines Körpers, zum Erfassen seiner sämtlichen Kennzeichen gebrauchen wir eine merkliche Zeit[4]. Diese Dauer wird herunter-

[1] Quoniam quaedam specierum visibilium assuetorum assimilantur aliis speciebus, et quaedam non, ut species hominis et species equi, quoniam forma speciei hominis non assimilatur alii speciei animalium, et non est ita in equis. Quoniam equus aliquis assimilatur multis animalibus in tota forma ... Quoniam quando visus comprehenderit individuum hominis alicuius motum localiter, statim comprehendet ipsum esse animal ex motu, et ex erectione corporis comprehendet ipsum esse hominem; et non est ita, quando comprehenderit equum. Quoniam quando visus comprehenderit individuum equi movens se et comprehenderit simul motum eius et numerum pedum, non comprehendet ex hoc ipsum esse equum, quoniam illae intentiones sunt in pluribus quadrupedibus, quae assimilantur equo in pluribus intentionibus, et maxime in mulo, quoniam mulus assimilatur equo in multis dispositionibus, quoniam mulus non distinguitur de equo nisi per intentiones fere non manifestas, sicut lineationem faciei et extensionem colli et velocitatem motus et amplitudinem passuum (II, 73).

[2] II, 73. [3] III, 21.

[4] Tempus, in quo visus comprehendit erectionem corporis hominis, non est sicut tempus, in quo comprehendit formam equi cum intentionibus particularibus, per quas distinguitur equus ab alio. Comprehensio ergo speciei hominis est in minore tempore quam tempus, in quo comprehenditur species equi; quamvis duo tempora sunt parva, tamen unum eorum secundum omnes dispositiones est maius altero (II, 73).

gesetzt, wenn wir den Körper bereits kennen. Die Erfassung aller Merkmale eines Objektes infolge der vorgängigen Kenntnis desselben geschieht schneller als das Erfassen durch die bloße sorgfältige Beobachtung [1].

Das Erkennen ist auch durch assoziative Ergänzung möglich [2]. So werden wir z. B. aus der Farbe der Augen, der Gestalt der Nase oder der Augenbrauen ohne weitere Detailbestimmungen ein Individuum als dieses bestimmte Einzelwesen und nur dieses erkennen. — Weitere Belege für die assoziative Ergänzung der Wahrnehmung ergeben sich bei den Auseinandersetzungen, die Alhazen über das Lesen gibt.

Alle Bestimmungen eines wahrgenommenen Dinges kann, wie wir gesehen haben, das Auge auch mittelst der Unterscheidungskraft überhaupt nicht erfassen; vieles erfaßt der Mensch erst durch die Erfahrung, durch die Kenntnis der Allgemeinvorstellungen (*cognitione formarum universalium*). Wenn er das Objekt der Gesichtswahrnehmung kennt, wird er es um so leichter und schneller erfassen; einzelne Beobachtungen könnte der Untersuchende überhaupt nicht anstellen, wenn er nicht schon vorher eine Erfahrung derselben Art gemacht hätte. So ist es unmöglich, ein Individuum in eine bestimmte Familie oder Art einzureihen, z. B. einen Menschen als Menschen zu erkennen, wenn nicht schon vorher der Beobachter bereits ein dieser Art zugehöriges Einzelwesen gesehen hat. Ebenso liegt es außerhalb des Bereiches der Möglichkeit, ein bestimmtes Individuum, etwa den Sokrates, nur durch Vermittlung des Gesichtsorganes und der *virtus distinctiva* als dieses und nicht als ein anderes anzusehen [3].

[1] Dicemus, quod comprehensio, quae erit per intuitionem cum cognitione vel scientia praecedente, erit in maiori parte in minori tempore, quam sit tempus, in quo erit comprehensio per totam intuitionem (II, 71).

[2] Cum ... visus comprehendit aliquam intentionum, quae sunt in forma, et fuerit memor primae formae, statim cognoscet formam; et non est ita omne, quod comprehendit per rationem, quoniam plura eorum, quae comprehenduntur per rationem, non comprehenduntur nisi post inductionem omnium intentionum, quae sunt in eis (II, 11).

[3] Visus comprehendit multas res visas per cognitionem et cognoscit hominem esse hominem et equum equum et Socratem esse Socratem, quando viderit illum prius, et cognoscit animalia sibi assueta et arbores et plantas et lapides, quando prius viderat ipsa, et consimilia (II, 10).

Hier ist ein sicheres Urteil erst möglich durch das Kennen des Einzelwesens, durch die Erinnerung, dieses bestimmte Individuum schon gesehen, bei einer früher (nicht allzu lange zurückliegenden) Gelegenheit wahrgenommen zu haben. Die Erinnerung und die Kenntnis des Gegenstandes macht erst ein Wiedererkennen möglich. — Der Einfluß des Unterscheidungsvermögens gegenüber der Kenntnis des Objektes kann so gering sein, daß die Wirkung der *virtus distinctiva* ganz latent bleibt [1].

b) Lesen.

Alhazen gibt zur Erläuterung, Erklärung und Beweisführung seiner Ansicht folgendes Beispiel [2]: Wenn jemand beim Lesen des Wortes „*dominus*" gewahr wird, so wird er, falls ihm das Wort schon öfters vorgekommen ist, dieses sofort erfassen infolge der häufigen Wahrnehmung desselben Reizes (*statim comprehendet ipsum per cognitionem et consuetudinem* (II, 11)). Der geübte Leser, welcher das Aufgezeichnete zu Gesichte bekommt, wird sofort das ganze Wort erkennen, er wird das Wort- bzw. Schriftbild erfassen, ohne durch Hülfe der *virtus distinguendi* die einzelnen Buchstaben klar und deutlich zu lesen [3]. Aus der Wahrnehmung einiger Buchstaben wird der Leser sofort das Wort sich zusammensetzen und so ohne die Wahrnehmung der einzelnen Bestimmungen doch zur Wahrnehmung des Gesamtobjektes kommen [4].

Alhazen erhebt selbst einen Einwand gegen diese seine Theorie. Wenn bei unserer Wahrnehmung neben dem Auge bzw. dem *sensus visus* die *virtus distinctiva* oder die *cognitio* in Wirksamkeit träte, so müßten wir, könnte man entgegnen, dies doch bemerken [5]. Aber dieser Einwurf, zeigt Alhazen, ist nicht stichhaltig. Die Vorgänge bei der Gesichtswahrnehmung verlaufen nämlich sehr schnell und kommen uns daher, wie alle sehr schnellen Geschehnisse, nicht in ihren einzelnen Teilen, sondern nur als Ganzes zum Bewußtsein.

Außer der Schnelligkeit führt Alhazen noch eine zweite Ursache an, wegen derer jene Ergänzungen uns nicht als solche zum

[1] II, 14, 67; III, 21. [2] II, 11.

[3] Omnes dispositiones sibi assuetas, quando scriptor viderit ipsas, statim comprehendet sine indigentia distinctionis unius ab altera (II, 11).

[4] Omnes partes, quas scriptor frequenter et continue videt, cognoscentur ab eo ex comprehensione quarundam literarum (II, 71). [5] II, 13.

Bewußtsein kommen sollen. Schon bei der Darstellung von Alhazens Empfindungslehre sahen wir, daß nach ihm die bewußte Empfindung auf einer Schmerzerregung beruht. Erst wenn irgend ein Reiz, welcher Art er auch sei, in uns dieses Schmerzgefühl veranlaßt, kann er von uns apperzipiert werden. Dies sollte sich z. B. darin zeigen, daß Licht, das keinen Schmerz verursacht, nicht zur Wahrnehmung kommt. Erst wenn der Schmerz einen bestimmten Grad erreicht hat, sollen wir die Empfindung von Licht haben, ohne jedoch dabei des erregten Gefühls als solchen gewahr zu werden. Ganz ebenso wie bei dem Gesichtsinn ist es nun nach Alhazens Theorie mit den Betätigungen der *virtus distinctiva* und der *cognitio* bestellt. Für gewöhnlich sind diese mit keinem merklichen Schmerzgefühl verbunden. Daraus soll es sich denn erklären, daß die Benutzung dieser beiden Hülfsmittel uns, wie z. B. beim Lesen, nicht zu Bewußtsein kommt. In den Anlagen des Menschen liegt es nämlich, daß er ohne Mühe Unterscheidungen trifft und ohne Anstrengung Schlüsse zieht. Deshalb kommen ihm diese seine Tätigkeiten als solche nur in den Fällen zur Wahrnehmung, wo sie mit Schwierigkeiten und darum mit einem gewissen Schmerzgefühl verknüpft sind [1]. Das ist beim Lesen geläufiger Worte aber nicht der Fall.

E) Sinnestäuschungen [2].

Die Bedingungen für das deutliche Sehen sind bereits oben (S. 32 ff.) auseinandergesetzt. Ist eine derselben nicht erfüllt, so tritt eine unklare und undeutliche Wahrnehmung ein. — Das Erkennen der Objekte ist, wie wir gesehen haben, möglich auf drei verschiedene Arten: 1. durch den Gesichtsinn allein (*sensus*), 2. durch die Erinnerung (*scientia*) und 3. durch einen Schluß (*syllogismus*). Nach diesen drei Arten des Erkennens lassen sich auch die Sinnestäuschungen scheiden, je nachdem sie durch die bloße Empfindung oder durch Wissen oder durch einen Syllogismus veranlaßt wurden.

1. Der Irrtum durch den Gesichtsinn allein [3] kann nur beim

[1] . . . est homo natus ad distinguendum sine difficultate et arguendum sine labore et non percipit, quod arguit, nisi quando arguit cum difficultate, quando vero non utitur difficultate et cognitione, non percipit, quod arguit (II, 13). [2] Buch III. [3] III, 20.

Erkennen von Licht und Farbe eintreten. Alhazen weiß, daß ein Gemälde, zu verschiedenen Tageszeiten betrachtet, einen sehr wechselnden Eindruck macht, daß bei Helladaption die rote und gelbe Farbe deutlich erfaßt werden, während bei Dunkeladaption die Grün- und Blauempfindung überwiegt [1].

Richtig ist die Ansicht des arabischen Philosophen und Naturforschers, daß dieser Irrtum lediglich durch das Auge bedingt ist; jedoch kennt er den Grund dieser Erscheinung nicht. Sie wird nämlich dadurch veranlaßt, daß bei stattfindender Dunkeladaption die Empfindlichkeit der peripheren Netzhautteile eine wesentliche Rolle spielt; diese besitzen andere Sensibilitätsverhältnisse wie der zentrale Teil, die *macula lutea* [2].

2. Die zweite Art von Täuschungen besteht in einer falschen Subsumtion der Wahrnehmung unter eine Allgemeinvorstellung, eine *forma universalis* [3]; durch sie lassen sich die Verwechslungen erklären. So wenn man ein Weizen- und ein Senfkorn nicht unterscheidet. Aber nicht nur eine Allgemeinvorstellung kann der Grund zu der Verwechslung sein, sondern ein nicht deutliches Erinnerungsbild eines Individuums kann zu einer versehentlichen Vertauschung Veranlassung geben. So wenn wir nach längerer Abwesenheit einer Person diese bei ihrem unerwarteten Erscheinen mit einer anderen unseres Bekanntenkreises verwechseln.

3. Alle Irrungen unseres Gesichtsinnes, die nicht unter diese zwei Klassen fallen, sind durch einen falschen Schluß bedingt [4]. Aus der Menge der angeführten Beispiele seien nur einige wenige erwähnt. Wenn wir Wolken vor dem Monde vorüberziehen sehen, so schreiben wir die Bewegung dem Monde zu; wenn wir auf einem Schiffe stromabwärts fahren, so scheinen sich die Bäume am Ufer stromaufwärts zu bewegen; wenn an einem Glas ein

[1] Invenimus, quod pennae pavonis et pannus, qui dicitur amilialmon, id est sericus viridis mixtus cum fusco ruseo, diversificantur in colore apud visum in diversis temporibus diei, secundum diversitatem lucis orientis super ipsa (I, 3).

[2] W. Wundt gibt im zweiten Bande seiner *„Grundzüge der physiologischen Psychologie“* (6. Aufl. S. 180) an, daß diese Erscheinung zuerst von dem Mediziner Purkinje (1787—1869) beobachtet worden ist. Aus unserer Ausführung geht hervor, daß Alhazen am Ende des elften Jahrhunderts diese Beobachtung bereits gemacht hat.

[3] III, 21. [4] III, 22—72.

Haar haftet, so schließen wir, das Gefäß sei gesprungen. Wodurch diese Sinnestäuschungen im einzelnen veranlaßt werden, darüber gibt uns der Autor keine Erklärung.

F) Das Schöne und das Hässliche.

Zum Schluß möge der Lehre Alhazens vom Schönen und seinem Gegenteil gedacht werden.

Was Alhazen zur Theorie des Schönen und Häßlichen beibringt [1], ist kein Beitrag zur Ästhetik im psychologischen Sinne. Er sieht nicht, daß die Schönheit des Gegenstandes auf objektiven und subjektiven Bedingungen beruht, wobei die subjektiven Forderungen des Wertens alle die Faktoren in uns sind, welche die in der Natur des zu wertenden Gegenstandes begründete und von ihr geforderte Wertung fördern, unterstützen, verschieben, trüben oder hemmen. Alle diese veränderlichen Bestimmtheiten, die Bedingungen einer nur subjektiven Wertung des Schönen, kennt Alhazen nicht.

Nach seiner Meinung ist die Schönheit eines Objektes eine Eigenschaft desselben, wie andere Eigenschaften auch; den Akt der ästhetischen Wertung kennt er nicht. Für die Schönheit zieht er die Angemessenheit eines Objektes an die Natur des wertenden Subjektes überhaupt nicht in Betracht; seine Meinung geht dahin, schön und häßlich seien rein objektive Bestimmungen. Daher spricht er unbedenklich von Sinnestäuschungen bei der Wahrnehmung des Schönen und des Häßlichen [2]. Freilich weist er darauf hin, daß Schönheit nur in bezug auf ein Subjekt bestehen kann; aber das Gefühl der Schönheit erwecken, heißt bei ihm soviel, als in der Seele das Bewußtsein erzeugen, daß das ästhetische Werturteil objektiv bedingt, d. h. durch die Natur des Gegenstandes gefordert sei [3].

So begreift es sich, daß die Theorie des Schönen bei Alhazen mit Zwang in ein der Sache ganz fremdes Schema eingefügt ist. In dürrer Aufzählung geht er die zwanzig Akzidentien durch [4]. Wir erfahren, daß Licht und Farbe als solche (*per se*) unser Gefallen erregen, wie z. B. Sonne, Mond und Sterne.

[1] II, 59. [2] III, 32, 43, 51, 57, 63, 65, 68, 71.

[3] Facere pulchritudinem est inducere dispositionem in anima, qua vipebitur ei, quod sit res pulchra, quae videtur (II, 59). [4] II, 59.

Auch die Farben ergötzen unser Auge; so erfüllen uns die Blumen und Gräser mit Wohlgefallen, ebenso farbige Tücher (*pulchri panni tincti*).

Ebenso tragen die *visibilia per accidens* zur Schönheit bei[1]. So die Größe, z. B. gefallen uns die großen Sterne besser als die kleinen; die Lage, z. B. bei Buchstaben, die selbst wenn ihre Formen noch so schön sind, dann als unschön aufgefaßt werden, wenn sie wirr durcheinander stehen; ferner die Körperlichkeit und die Formen, z. B. die Formen der Bäume und Pflanzen, die runde Gestalt des Mondes usw. Der Zusammenhang läßt uns Objekte schön erscheinen, wie z. B. eine große Baumpflanzung oder eine ausgedehnte Wiese. Aber auch Trennung kann in uns das Gefühl der Schönheit erzeugen; so erscheinen viele Lichter schmucker als ein Feuer, trotzdem beide dieselbe Helligkeit erzeugen, ebenso einzelstehende Sterne schöner als die Milchstraße. Die Anzahl erweckt in uns die Wahrnehmung der Schönheit; ein Ort des Himmels z. B., an dem viele Sterne stehen, erscheint uns gefälliger als ein solcher mit wenigen. Die Bewegung und Ruhe trägt zur Erzeugung der Schönheit bei; so erweckt das Gestikulieren des Menschen beim Sprechen unser Wohlgefallen; dasselbe gilt von der Ruhe, die auf den ernsten Charakter eines Mannes schließen läßt. Die Rauheit des gesträubten Gefieders gefällt uns ebenso wie die Glätte des anliegenden Federkleides. Die Ähnlichkeit trägt zur Erhöhung der Schönheit bei; es mißfallen uns Menschen mit zwei verschiedenen Augen; ebenso eine Handschrift, deren Buchstaben keine Ähnlichkeit besitzen. Auch die Verschiedenheit erweckt in uns das Gefühl der Schönheit; Alhazen führt das Beispiel an, daß eine Schrift, die keinen Unterschied von Haar- und Grundstrichen aufweist, unser Mißfallen erregt.

Wie wir sehen, gibt der arabische Gelehrte uns hier nur eine Beispielsammlung, bei welcher der Grund des Wohlgefallens überhaupt nicht genauer klargelegt wird. In anderen Beispielen[2] gibt er nur die Bedingungen an, unter denen Schönes und Häßliches sichtbar werden. Die Entfernung verdeckt Häßliches, sie bringt Flecken und Runzeln zum Verschwinden, die in der Nähe

[1] II, 59. [2] Ebd.

sichtbar sind. Die Durchsichtigkeit der Luft läßt die Sterne aufleuchten, während sie beim Vorhandensein von Nebel für unsern Anblick verschwinden; der Schatten, das Fehlen einer starken Beleuchtung, läßt uns lichtschwache Objekte erscheinen und trägt daher zur Erhöhung der Schönheit bei, so erscheint z. B. der gestirnte Himmel bei Neumond schmucker als bei Vollmond.

Erhöht wird die Schönheit durch Verbindung mehrerer dieser Bestimmungen. Neben den einzelnen Elementen kommt noch das richtige Verhältnis (*proportionalitas et consonantia*) der Teilbestimmungen in Betracht[1].

Aus der objektiven Bestimmung des Schönen ergibt sich, daß das Häßliche — nach Alhazens Meinung — alles das unter sich faßt, was die Bedingungen der Schönheit nicht erfüllt.

III. Schluss.

Würdigung Alhazens.

Wie wir in obiger Auseinandersetzung gesehen haben, gibt Alhazen als erster eine zusammenhängende anatomische Beschreibung des Auges; auf diese gründet er zum Teil seine Theorie der Lichtwahrnehmung. Jedoch wird auch vielfach seine Theorie nicht durch die Ergebnisse des Experimentes bestimmt, sondern es werden auch umgekehrt diese seiner vorgefaßten Theorie gemäß interpretiert. Die auf selbständigen Experimenten beruhende Arbeit Alhazens hat eine reiche Fülle von Resultaten zutage gefördert. — Er hat so die Gesetze der Farbenmischung, sowie den Grundgedanken des Weberschen Gesetzes gefunden; er hat erkannt, daß ein Reiz einen bestimmten Schwellenwert überschreiten muß, daß der Unterschiedsschwellenwert von der Größe des bereits vorhandenen Reizes abhängt. Auch den Unterschied zwischen Wahrnehmungs- und Erkenntniszeit hat er richtig angegeben; das sogenannte Purkinjesche Phänomen hat er bereits beobachtet.

[1] Pulchritudo non est nisi ex intentionibus particularibus, et perfectio eius non est nisi ex proportionalitate et consonantia, quae sit inter intentiones particulares (II, 59).

Wenn wir alle diese Ergebnisse zusammenstellen, so mutet uns die Abhandlung wie ein — zwar etwas veraltetes — Werk über experimentelle Psychologie an. Wir vermissen jedoch, wie wertvolles Detail er auch gibt, die exakte experimentelle Festlegung und die zahlenmäßige Bestimmung der durch Selbstbeobachtung gefundenen Ergebnisse. Der arabische Philosoph und Naturforscher konnte seine Resultate nicht als allgemeine Gesetze aufstellen, da sie ja nur auf Selbstbeobachtung beruhten und nicht durch planmäßige Durchführung der Experimente als allgemein gültig erkannt wurden. Aber an der genauen Durchführung seiner Beobachtungen und an der zahlenmäßigen Bestimmung der nötigen Größen hinderten Alhazen die geringe Entwicklung der Technik und der niedere Stand der Physik, die ihm die Mittel nicht liefern konnten, etwa die Zeit für die Erkenntnis zu messen.

Namenverzeichnis.

Abraham 3.
Akuin Joseph ibn 5.
Al Hakim 1.
Alhazen
Alkmaeon 9, 12.
Apollonius 3.
Archimedes 3.
Aristoteles 3, 11, 12, 22, 39, 40, 49, 50, 51, 53.

Baarmann 3.
Bacon, Roger 4, 5, 28.
Baeumker 4, 10, 28, 53.
Baldi 5.
Bode 5, 8.
du Bois-Reymond 2.
Bridges 5.
Brockelmann 5.

Cantor 1, 5, 6, 7.

Darmstädter 2.
Descartes 9.
Diels 9, 10.
Diophantus 3.

Ebbinghaus 53.
Elsässer 11.
Empedokles 9, 10.
Euklid 3, 5.

Galen 3, 12.
Gorgias 10.
Guerruccio di Cione Federighi 4.

Hirschberg 14.
Huygens 10.

Ibn Abu Oseibia 2.

Kaestner 5.

Leclerc 3, 6.
Levi ben Abraham 5.

Machir, Jakob ben 3.
Marie 5.
Moerbeke 10.
Montucla 5.

Narducci 3, 4.
Netoliczka 2.

Plato 9, 10, 12.
Poggendorff 5, 6.
Porphyrius 3.
Priestley 5, 6.
Ptolemaeus 3, 5.

Risner 2, 4, 14.

Salomo ibn Pater Kohen 3.
Salomo Rabbi 3.
Scheibel 5.
Schnaase 5, 6.
Sédillot 5.
Siebeck 6.
Snellius 9.
Steinschneider 3, 4, 5.
Stumpf 39.
Suter 5.

Vesalius Andreas 14.
Vinci, Leonardo da 11.
Vogl 4.

Wiedemann 1, 2, 5, 6, 7.
Wilde 2, 5.
Witelo 4, 6, 10, 13, 28.
Wüstenfeld 3, 5, 11.

Zeller 9, 10.

LArab.
A3972
.Yb
186677
Alhazen
Author Bauer, Hans
Title Die Psychologie Alhazens.

University of Toronto
Library

DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU